elektuur
up-to-date maandblad voor elektronica
nr. 185
maart 1979
f 3,50
Bfrs. 59

speciale bijlage:
BASIC-kursus

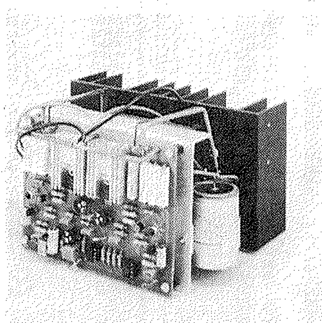
KURSUS BASIC



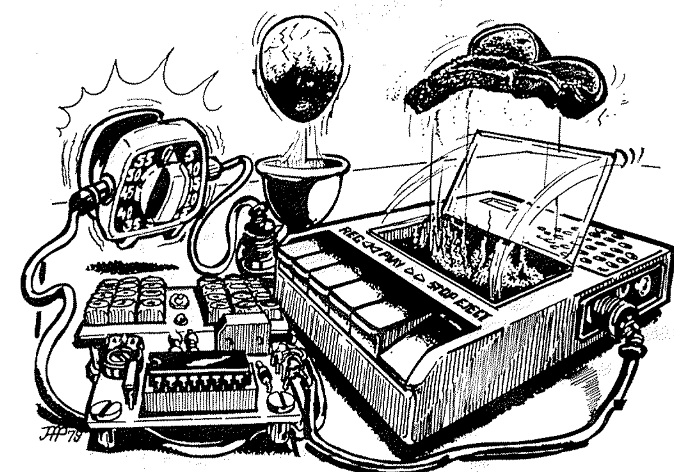
Australia $ 1.50*
Austria S. 33
Belgium F. 59
* recommended



Onontbeerlijk voor iedere elektronische werkplaats is een betrouwbare, **degelijke voeding** die zonder omhaal een rotsvaste spanning levert.
pag. 3-24



De **Stentor** is een eindversterker, speciaal ontworpen voor herrie en lawaai. Hij levert veel vermogen uit een autoakku en is gegarandeerd low-fi. Optimale mogelijkheden tot geluidsoverdracht ontstaan door deze versterker te voorzien van een geschikte dynamiekkompressor, de **Assistentor.**
pag. 3-33 en 3-39



Onlangs introduceerde Motorola een nieuw IC, de Industrial Control Unit MC 14500B. Deze 1-bit microprocessor is speciaal ontworpen voor eenvoudige procesbesturing. Het programmeren van deze mini-microprocessor is bepaald niet moeilijk, ook niet voor degenen die zijn grotere broer nog niet begrepen hebben. In dit nummer wordt zowel de nodige teorie als de praktijk behandeld. **Wie is er dan nog bang voor de ICU?**
pag. 3-54



Tot voor kort kwam er bij de elektronica-hobby alleen maar hardware aan te pas. Zoals dit omslag symboliseert, komt er de laatste tijd ook steeds meer software om de hoek kijken.

inhoud

speciale bijlage:
BASIC-kursus
(deel 1)



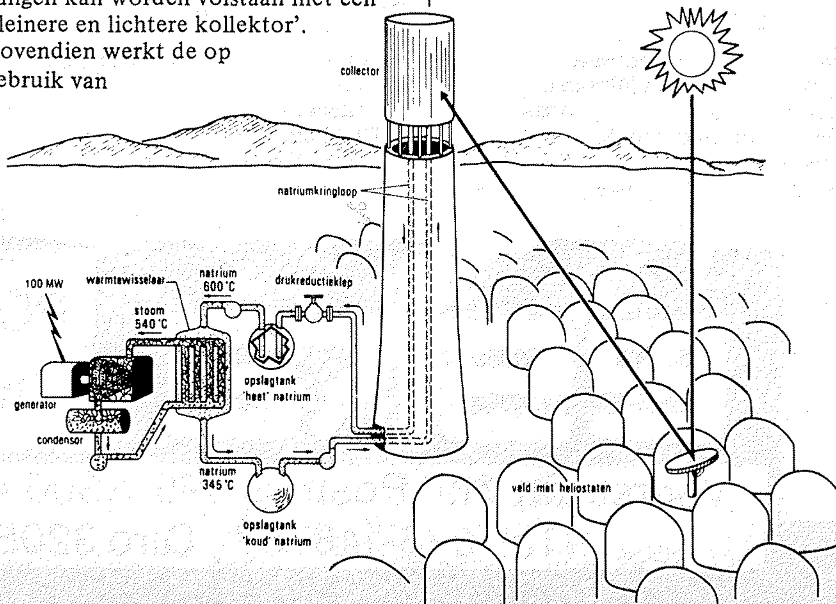
SELEKTUUR

GE ontwerpt nieuwe generatie zonne-energiecentrale met een vermogen van 100 MW

Bij het General Electric researchcentrum in de Verenigde Staten is een programma gestart voor het ontwikkelen en evalueren van een met zonnestraling gevoede elektriciteitscentrale. Het programma — dat wordt gesubsidieerd door het Amerikaanse Ministerie voor Energie-zaken — behelst het konceptuele ontwerp van een zonne-energiecentrale. De centrale krijgt een vermogen van 100 MW, tien keer het vermogen van een experimentele centrale van de eerste generatie die nu op de tekenborden staat. Ter vergelijking moge dienen dat de huidige, grootste konventionele centrales een geïnstalleerd vermogen hebben van ongeveer 1000 MW.
In het koncept voor de GE-centrale weerkaatsen ongeveer 20.000 rotatie-symmetrische spiegels (zogenaamde 'heliostaten') de zonnestraling op een met vloeibaar metaal gevulde kollektor. Die kollektor is opgesteld op de top van een hoge toren. De zonnewarmte wordt daarna in stoom omgezet, waarmee een turbogenerator kan worden aangedreven.
Een nieuw aspekt in het ontwerp van General Electric is het gebruik van vloeibaar natrium als medium voor het verzamelen van de zonne-energie. Toepassing van dit materiaal als warmte-overdracht-vloeistof resulteert in een belangrijke kostenbesparing ten opzichte van het eerste-generatie ontwerp dat met water werkt. 'Dankzij zijn unieke fysische eigenschappen neemt natrium gemakkelijker warmte op dan water, waardoor het een doelmatiger medium is voor het overdragen van warmte', aldus Gerald R. Fox, een van de direkteuren van het GE-researchcentrum. 'Om eenzelfde hoeveelheid energie op te vangen kan worden volstaan met een kleinere en lichtere kollektor'. Bovendien werkt de op gebruik van natrium gebaseerde kollektor bij een veel lagere druk dan een water/stoom-systeem: minder dan 3 bar tegen 98 bar. Dit betekent dat lichtere lagedruk-apparatuur boven in de toren kan worden geplaatst, waardoor de kosten voor de centrale lager zullen worden.
Volgens de heer Fox moet het mogelijk zijn de kosten, zoals die zijn geraamd voor het huidige ontwerp van eerste-generatie zonnecentrales, omlaag te brengen. 'Indien dit realiseerbaar blijkt en indien de brandstofprijzen in dezelfde mate blijven stijgen', zo konkludeerde hij, 'zouden op kommerciële basis werkende zonne-centrales volgens het geavanceerde koncept al tegen het eind van de eeuw kostenkonkurrerend worden ten opzichte van konventionele centrales die bedoeld zijn voor het opvangen van kortstondige of piekbelastingen'.
Het behalen van hogere bedrijfs-rendementen is een ander aspekt van GE's ontwerp voor een zonne-energiecentrale. Ook dit is een uitvloeisel van de toepassing van natrium als warmte-overdrachtmedium.

Werking

De bijna 20.000 speciaal ontworpen heliostaten zullen worden opgesteld over een gebied van rond 2,5 km^2. Met behulp van microcomputerbesturing worden de spiegels van de heliostaten zo gedraaid, dat ze de gehele dag op de zon zijn gericht. De zonnestraling wordt doorlopend op de hoog opgestelde zonne-energiekollektor gereflekteerd. De kollektor, die vervaardigd is van nikkel-chroom-ijzeren buis met een lengte van zo'n 65 km, zal worden geplaatst op de top van een zestig verdiepingen hoge 'energietoren'.
De zonne-energie wordt door de heliostaten ongeveer duizend maal sterker gekoncentreerd dan de normale intensiteit van het zonlicht. Onder



SELEKTUUR

invloed van deze intense straling wordt het oppervlak van de kollektorbuizen verhit tot ongeveer 650°C, een temperatuur waarbij ze bloedrood zouden gloeien. De temperatuur van het door de kollektorbuizen circulerende vloeibare natrium loopt op tot zo'n 600°C. In warmtewisselaars, opgesteld aan de voet van de toren, wordt de in de hete natrium opgeslagen termische energie gebruikt om uit water oververhitte stoom onder hoge druk op te wekken. Deze stoom drijft de turbogenerator aan, waarmee elektriciteit wordt opgewekt. De restwarmte van het natrium is voldoende om de stoom opnieuw voor te verwarmen. Hierdoor kan een herverhittings-stoomturbine worden gebruikt, die een ongeveer 15 procent hoger rendement heeft dan de turbine die in het eerste-generatie watergekoelde zonne-kollektiesysteem wordt toegepast.
Een ander voordeel van het GE-ontwerp is dat vloeibaar natrium een uitstekend opslagmedium is voor termische energie. Door in een opslagtank warmte aan natrium te onttrekken, zal het mogelijk zijn de centrale op vol vermogen te laten draaien tijdens bewolking of in de vooravond als de intensiteit van de zonnestraling afneemt. Watergekoelde systemen kunnen daarentegen niet vanuit een energie-opslagmedium op vollast worden ingezet.

(bron: Adviesbureau Hollander en Van der Mey B.V., Den Haag)

(435 S)

Telexmachine zag Abraham

In december 1928, kort voor Kerstmis, ratelde in het ontwikkelingslab van de toenmalige Siemens & Halske-Werke in Berlijn de eerste telexmachine, die volgens het start-stop-synchronisatie-principe werkte. Destijds vermoedde niemand dat dit het geboortejaar was van een van de meest belangrijke kommunikatiemiddelen. Tot nu toe heeft deze machine geen wezenlijke veranderingen ondergaan, zij het dat een en ander verbeterd en vervolmaakt werd. Echter, ook mechanische precisie op hoog nivo moest voor kort plaats maken voor elektronische ontwikkelingen. Zo verscheen twee jaar geleden de eerste elektronische telexmachine, die aan de huidige eisen op het gebied van bedieningsgemak, kompaktheid, vormgeving e.d. beantwoordt.

Siemens AG,
Postbus 103,
D-8000 München 1

(436 S)

Kursussen rond de muziek-synthesizer

'ELK-MUZIEK V.Z.W.' is een Belgische vereniging zonder winstoogmerk, een hobbyclub, bestaande uit mensen die zijn geïnteresseerd in de hardware (het bouwen van) en de software (het omgaan met) van elektronische muziekapparatuur. De aktiviteiten zijn met name gericht op muziek-synthesizers en op toepassingen van de (hobby-) computer in de elektronische muziek. De aktiviteiten van de vereniging zijn in beeld gebracht tijdens een tweetal tv-uitzendingen van de BRT.
Er staan vier kursussen op het programma. Elke kursus beslaat twee weekenden en kost 230 gulden (3500 fr). De kursussen worden gehouden in Anwerpen in het verenigingsgebouw, Verbondstraat 37.
1) Zelf een synthesizer bouwen (31 maart/1 april en 9/10 juni).
2) Synthesizers bespelen (7/8 april en 19/20 mei).
3) Basic voor huiscomputers (5/6 mei en 2/3 juni).
4) Microprocessors begrijpen en gebruiken (21/22 april en 26/27 mei).
Voor meer inlichtingen kan men zich wenden tot bovenstaand adres.

Mikroselektuur

* De Bosche afdeling van de VERON heet iedereen van harte welkom op de jaarlijkse Radio Vlooienmarkt in Den Bosch, die op 17 maart a.s. van 9 tot 16 uur gehouden wordt in het Grote Restaurant van de Brabant Hallen.
* Op 3 en 4 maart a.s. wordt door de VERON de bekende VHF/UHF-kontest georganiseerd.
* Geïnteresseerden kunnen de monoselektor (Elektuur februari) aanschouwen op de Medica '79 op de stand van de TH-Eindhoven (standnr. 6054).
Deze internationale tentoonstelling voor ziekenhuizen en instellingen wordt gehouden van 5 maart tot en met 9 maart a.s. (Koninklijke jaarbeurs, Croeselaan-terrein, Utrecht).

poging tot programmeren

Als inleg in deze uitgave is het eerste deel van een kursus opgenomen, die bedoeld is om te leren programmeren in BASIC. Zoals Elektuur in 1968 de aanzet heeft gegeven tot het toepassen van digitale technieken en vooral het begrijpen van de 7400-serie, zo willen wij nu het werken met de "chip" aanmoedigen. Tot nu toe is nog slechts een klein percentage der elektronici vertrouwd met de microprocessor en deze bevoorrechten vullen met een grote ijver hun werken vrije tijd met het maken van programma's. Dezelfde drempelvrees die er was bij het instappen in digitale technieken, treedt ook nu op ten aanzien van de μP (microprocessor). En toch zullen we eraan moeten, want het zindert van de ideeën en geruchten over toepassingen van de μP. Wat denkt u van een hoofdoscillator voor muziekinstrumenten met 4 of 6 SC/MP's (de μP van National) gekoppeld aan een PROM, waardoor een volmaakte beheersing van frekwentie en fase mogelijk wordt. Of een μP-tuner voor automatisering van de ontvangst, een supermeetinstrument met de omvang van een sigarettendoosje, modelbesturing met μP — een "automatische piloot" voor modelvliegtuigen. Denk eens aan een apparaat voor stemherkenning en beïnvloeding; een μP-imitator: dus een filter dat alleen een bepaalde omroepvereniging, soort muziek of zender doorlaat. En dan hebben we het nog niet eens over de meest voor de hand liggende toepassingen, zoals geprogrammeerde recorders, platenspelers en dergelijke. De ideeën zijn er, het ontbreekt alleen nog aan programma's.
Zes jaar geleden schreven we al: "alles wordt digitaal" zonder dat we toen wisten, dat de "chip"* zou komen.

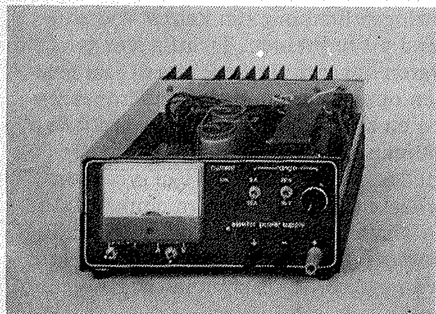
Door de μP zal die voorspelling nog meer bewaarheid worden en er zullen dingen komen, die u niet voor mogelijk had gehouden. En u kunt zelf meedoen aan dat spel van nieuwe dingen, als u een eenvoudige taal leert. U moet een paar woorden leren en de betekenis van die woorden kennen. Dat is bijna alles om een nieuwe wereld open te laten gaan.
We weten het, de elektronicus heeft een van de meest moeilijke beroepen die er bestaan. Steeds nieuwe ontwikkelingen dwingen hem om zijn kennis voortdurend uit te breiden. Twintig jaar geleden waren het transistoren, twaalf jaar geleden opamps en nu dan de microprocessor en zijn bijbehorend taalgebruik. We kunnen door extrapolatie nu al voorspellen, dat binnen tien jaar weer een geheel nieuw stadium van denken zal ontstaan op een terrein, waar we nu nog geen weet van hebben. Is dit ook niet een poging tot programmeren? 

* Tegenwoordig is elke enkelvoudige transistor al op een chip gebouwd, maar in de gewone pers staat chip voor μP. Het is inmiddels zo ingeburgerd in dagblad en omroep, dat het niet meer te korrigeren is. We doen maar mee.

degelijke voeding

rotsvaste spanning zonder problemen

Het aantal privéwerkplaatsen voor elektronische experimenten neemt gestaag toe. Stijgende omzetten van de als paddestoelen uit de grond rijzende elektronica-detailhandels zijn daarvan de getuigen: er wordt in de elektronica steeds meer, en op een steeds hoger nivo, geliefhebberd.
Onontbeerlijk voor iedere elektronische werkplaats is een betrouwbare voeding, die zonder omhaal een 'solide spanning' levert. Vandaar het motto van dit artikel: een rotsvaste spanning uit een degelijk voedingsapparaat.



Ook op het terrein van de voedingsapparaten staat de techniek niet stil. Er is vandaag de dag niet eens zoveel voor nodig om een voedingsapparaat te konstrueren dat aan de nevenstaande specificaties voldoet. Enige jaren geleden waren dergelijke eigenschappen nog voorbehouden aan hoogstaande laboratoriumapparatuur; nu is die laboratoriumkwaliteit zonder veel moeite in huis te halen.
Twee begrippen uit de specificaties moeten hier misschien nog toegelicht worden. Onder *load regulation* verstaat men de verandering (in procenten) van de uitgangsspanning, wanneer men de belasting, en dus de geleverde stroom, verandert. Bij dit apparaat verandert dus de uitgangsspanning niet meer dan 1%, wanneer er in de geleverde stroom een verandering ΔI van 5 ampère optreedt (oftewel wanneer men de stroom binnen het volledige toegestane gebied varieert). *Line regulation* is een term die gebruikt wordt voor de mate waarin een verandering in de ingangsspanning van een voedingsapparaat doorwerkt in de uitgangsspanning ervan. Met ingangsspanning wordt hier dus de netspanning bedoeld. Een verandering daarin werkt met minder dan 0,1% door in de uitgangsspanning van het hier beschreven voedingsapparaat. Een verandering van 10 V in de netspanning zal dus op zijn hoogst 0,1% van 10 V, of 0,01 V verandering in de uitgangsspanning ten gevolge hebben.

Dubbele stabilisatie

Het blokschema van het voedingsapparaat (figuur 1) wijkt in een opzicht af van dat van de meer gebruikelijke voedingen, en wel door de dubbele stabilisatie. Vóór de eigenlijke, definitieve spanningsstabilisatie vindt er een voorstabilisatie plaats. Daarvoor zijn verschillende redenen. In de eerste plaats hoeft de eigenlijke stabilisator niet zulke grote veranderingen in ingangsspanning te verwerken. Een belangrijker voordeel ligt in het feit dat het door de voeding gedissipeerde vermogen verdeeld wordt over twee stabilisatoren. Tenslotte is in de hier beschreven schakeling een voorstabilisatie nodig om de maximale ingangsspanning voor de definitieve stabilisator te beperken.
Behalve deze voorstabilisatie bevat het blokschema weinig verrassends: respektievelijk nettrafo/gelijkrichter, afvlakking, de twee achter elkaar geschakelde stabilisatorschakelingen en tenslotte een meetgedeelte waarmee het mogelijk is naar keuze de geleverde spanning dan wel stroom te meten. De eerste stabilisatorschakeling is voorzien van een stroombegrenzing; de tweede van een kortsluitbeveiliging en een beveiliging tegen termische overbelasting. Aangezien de voeding, zoals nog zal blijken, tevens beveiligd is tegen van buiten toegevoerde te hoge positieve spanningspieken, èn tegen negatieve spanningen, kunnen we wel stellen dat hij is volledig 'foolproof' is en zijn naam 'degelijke voeding' alle eer aandoet.

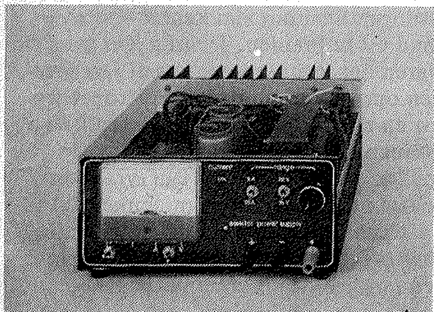
De schakeling

Het uitgewerkte schema van de degelijke voeding is afgebeeld in figuur 2. De schakeling is uitgewerkt in twee varianten, namelijk een versie die maximaal 5 A kan leveren en een iets eenvoudiger versie die ten hoogste 2,5 A aankan. Voor beide varianten geldt, dat de te leveren spanning met een potmeter (P1) is in te stellen tussen 5 en 20 V. De verschillen tussen de beide varianten van de voeding worden duidelijk uit tabel 1.
Een op het eerste gezicht misschien wat vreemd lijkend probleem bij gestabiliseerde voedingsapparaten is, dat de dissipatie van het apparaat *hoger* is naarmate de geleverde spanning *lager* is. Dit is eenvoudig in te zien, aangezien immers al het vermogen dat minder geleverd wordt door de voeding dan zijn maximale vermogen, 'ergens blijven moet' en dus wordt gedissipeerd. Vandaar dan ook, dat het zin heeft dit maximale vermogen bij lage uitgangsspanningen te beperken. Dit is de funktie van S2, waarmee de sekundaire transformatorspanning om te schakelen is tussen 24 V (stand a) en 12 V (b). In stand b is de maximaal door de schakeling te leveren spanning, en dus de dissipatie bij lage spanningen, beperkt. Voor de 2,5 A-versie van het voedingsapparaat is een dergelijke schakelaar niet nodig, aangezien door de geringere te

degelijke voeding

rotsvaste spanning zonder problemen

Het aantal privéwerkplaatsen voor elektronische experimenten neemt gestaag toe. Stijgende omzetten van de als paddestoelen uit de grond rijzende elektronica-detailhandels zijn daarvan de getuigen: er wordt in de elektronica steeds meer, en op een steeds hoger nivo, geliefhebberd.
Onontbeerlijk voor iedere elektronische werkplaats is een betrouwbare voeding, die zonder omhaal een 'solide spanning' levert. Vandaar het motto van dit artikel: een rotsvaste spanning uit een degelijk voedingsapparaat.



Ook op het terrein van de voedingsapparaten staat de techniek niet stil. Er is vandaag de dag niet eens zoveel voor nodig om een voedingsapparaat te konstrueren dat aan de nevenstaande specificaties voldoet. Enige jaren geleden waren dergelijke eigenschappen nog voorbehouden aan hoogstaande laboratoriumapparatuur; nu is die laboratoriumkwaliteit zonder veel moeite in huis te halen.
Twee begrippen uit de specificaties moeten hier misschien nog toegelicht worden. Onder *load regulation* verstaat men de verandering (in procenten) van de uitgangsspanning, wanneer men de belasting, en dus de geleverde stroom, verandert. Bij dit apparaat verandert dus de uitgangsspanning niet meer dan 1%, wanneer er in de geleverde stroom een verandering ΔI van 5 ampère optreedt (oftewel wanneer men de stroom binnen het volledige toegestane gebied varieert). *Line regulation* is een term die gebruikt wordt voor de mate waarin een verandering in de ingangsspanning van een voedingsapparaat doorwerkt in de uitgangsspanning ervan. Met ingangsspanning wordt hier dus de netspanning bedoeld. Een verandering daarin werkt met minder dan 0,1% door in de uitgangsspanning van het hier beschreven voedingsapparaat. Een verandering van 10 V in de netspanning zal dus op zijn hoogst 0,1% van 10 V, of 0,01 V verandering in de uitgangsspanning ten gevolge hebben.

Dubbele stabilisatie

Het blokschema van het voedingsapparaat (figuur 1) wijkt in een opzicht af van dat van de meer gebruikelijke voedingen, en wel door de dubbele stabilisatie. Vóór de eigenlijke, definitieve spanningsstabilisatie vindt er een voorstabilisatie plaats. Daarvoor zijn verschillende redenen. In de eerste plaats hoeft de eigenlijke stabilisator niet zulke grote veranderingen in ingangsspanning te verwerken. Een belangrijker voordeel ligt in het feit dat het door de voeding gedissipeerde vermogen verdeeld wordt over twee stabilisatoren. Tenslotte is in de hier beschreven schakeling een voorstabilisatie nodig om de maximale ingangsspanning voor de definitieve stabilisator te beperken.
Behalve deze voorstabilisatie bevat het blokschema weinig verrassends: respektievelijk nettrafo/gelijkrichter, afvlakking, de twee achter elkaar geschakelde stabilisatorschakelingen en tenslotte een meetgedeelte waarmee het mogelijk is naar keuze de geleverde spanning dan wel stroom te meten. De eerste stabilisatorschakeling is voorzien van een stroombegrenzing; de tweede van een kortsluitbeveiliging en een beveiliging tegen termische overbelasting. Aangezien de voeding, zoals nog zal blijken, tevens beveiligd is tegen van buiten toegevoerde te hoge positieve spanningspieken, èn tegen negatieve spanningen, kunnen we wel stellen dat hij is volledig 'foolproof' is en zijn naam 'degelijke voeding' alle eer aandoet.

De schakeling

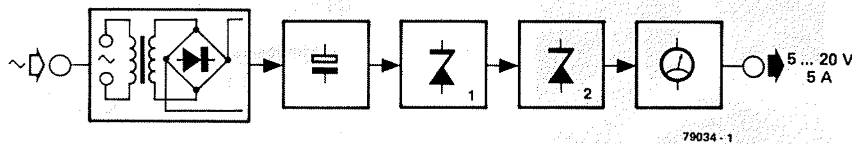
Het uitgewerkte schema van de degelijke voeding is afgebeeld in figuur 2. De schakeling is uitgewerkt in twee varianten, namelijk een versie die maximaal 5 A kan leveren en een iets eenvoudiger versie die ten hoogste 2,5 A aankan. Voor beide varianten geldt, dat de te leveren spanning met een potmeter (P1) is in te stellen tussen 5 en 20 V. De verschillen tussen de beide varianten van de voeding worden duidelijk uit tabel 1. Een op het eerste gezicht misschien wat vreemd lijkend probleem bij gestabiliseerde voedingsapparaten is, dat de dissipatie van het apparaat *hoger* is naarmate de geleverde spanning *lager* is. Dit is eenvoudig in te zien, aangezien immers al het vermogen dat minder geleverd wordt door de voeding dan zijn maximale vermogen, 'ergens blijven moet' en dus wordt gedissipeerd. Vandaar dan ook, dat het zin heeft dit maximale vermogen bij lage uitgangsspanningen te beperken. Dit is de funktie van S2, waarmee de sekundaire transformatorspanning om te schakelen is tussen 24 V (stand a) en 12 V (b). In stand b is de maximaal door de schakeling te leveren spanning, en dus de dissipatie bij lage spanningen, beperkt. Voor de 2,5 A-versie van het voedingsapparaat is een dergelijke schakelaar niet nodig, aangezien door de geringere te

specifikaties

spanning: 5 . . . 20 V, lineair regelbaar
stroom: afhankelijk van uitvoering 2,5 of 5 A
stroombegrenzing: één vaste waarde, plus kortsluitbeveiliging bij 5 A
indikatie stroombegrenzing door middel van LED
meters: omschakelbare meter voor spanning cq. stroom
load regulation: ⩽ 1%
line regulation: < 0,1% (t.o.v. de netspanning)
ruisspanning: < 75 μV
rimpelspanning (100 Hz): < 500 μV

leveren stroom de dissipatie al binnen de perken gehouden wordt. De sekundaire spanning van de trafo kan bij de 2,5 A-versie altijd 24 V bedragen.
Gelijkrichting en afvlakking zijn konventioneel van opzet. Het al dan niet aanbrengen van de tweede afvlak-kondensator C2 is rechtstreeks van invloed op de grootte van de rimpel-spanning op de uitgang van de voeding. Voor de 2,5 A-versie kan C2 vervallen. Laat men in de 5 A-versie C2 weg, dan voldoet de voeding niet meer aan de gegeven specifikaties.
Rond T1 en T2 is op vertrouwde wijze de voorstabilisatie gerealiseerd. Referentie-element is de zenerdiode D1. Stabiliserende werking is er alleen wanneer S2 in stand a staat (en ook bij de 2,5 A-versie, waar S2 ontbreekt), omdat alleen in die situatie het begrenzen van de ingangsspanning voor de eigenlijke stabilisator en het verdelen van de vermogensdissipatie van belang is. In die situatie is de spanning op punt B begrensd op 25 à 26 V. Met S2 in stand b zijn T1 en T2 zonder meer in geleidende toestand.
Met behulp van T3 en R5 is er voorzien in een stroombegrenzing. Als de spanning over R5 groter wordt dan ca. 0,7 V, komt T3 in geleiding. Via de LED D2 – die dan oplicht – worden T1 en T2 gesperd. Met de gegeven komponenten treedt de stroom-begrenzing in werking bij ca. 100 mA.

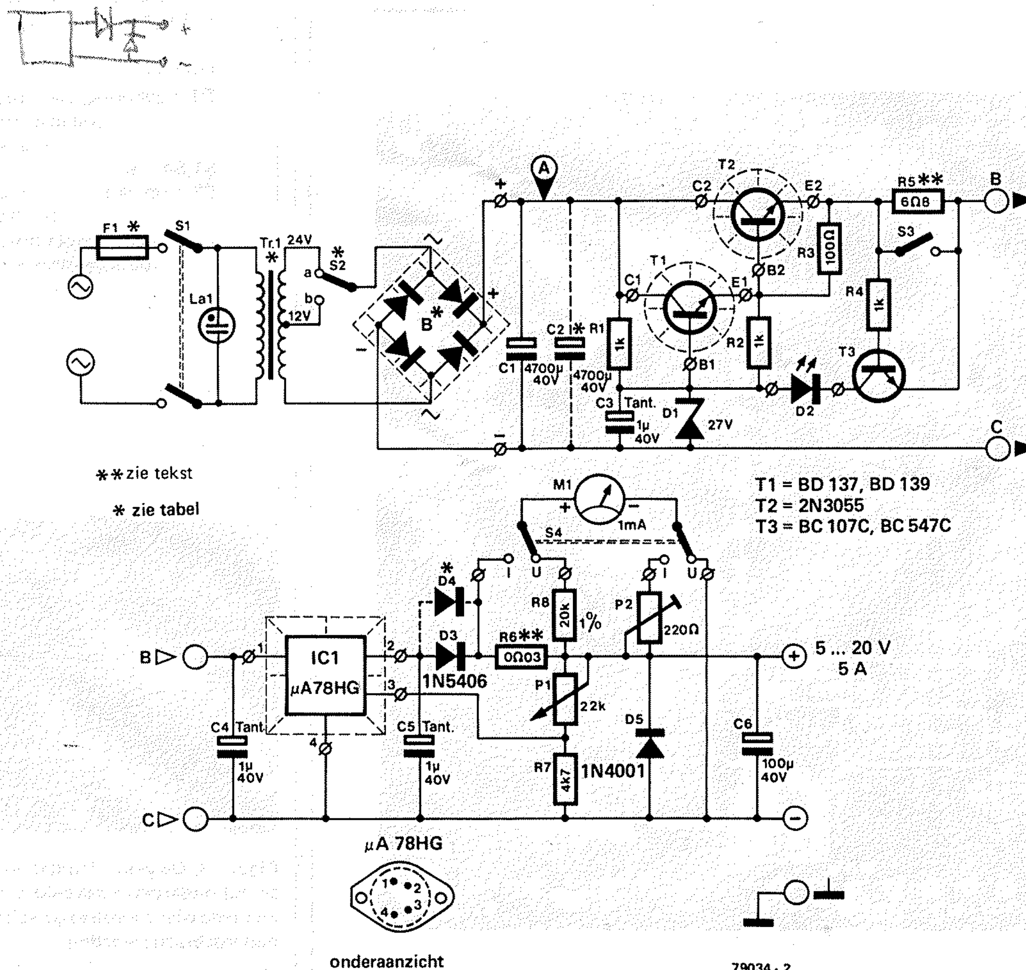
1



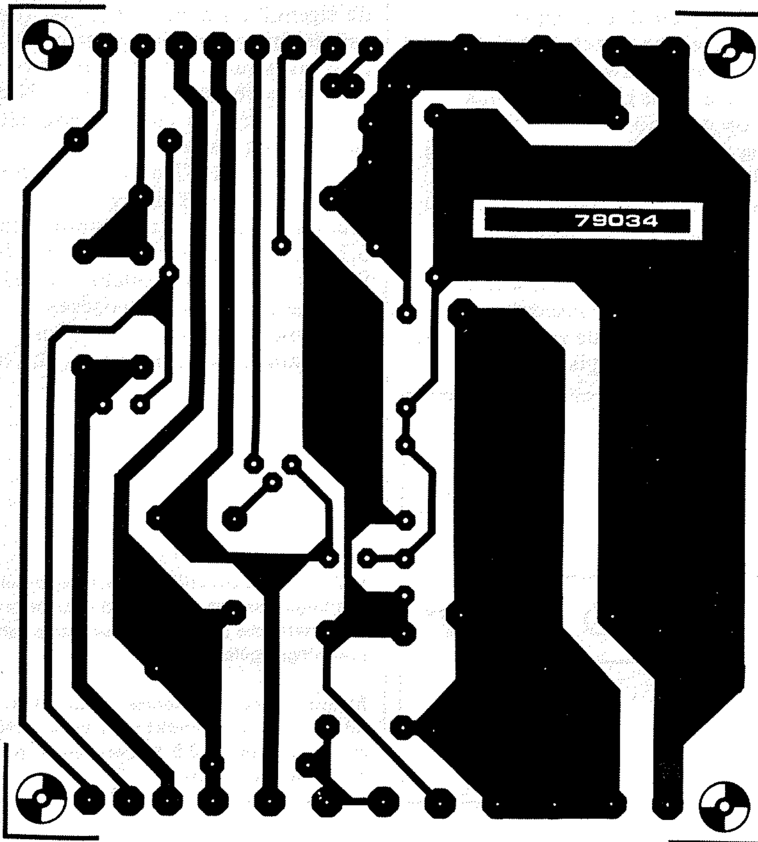
Figuur 1. Blokschema van het degelijke voedingsapparaat. Opvallend is de voor-stabilisatie die plaatsvindt voor de eigenlijke spanningsregeling.

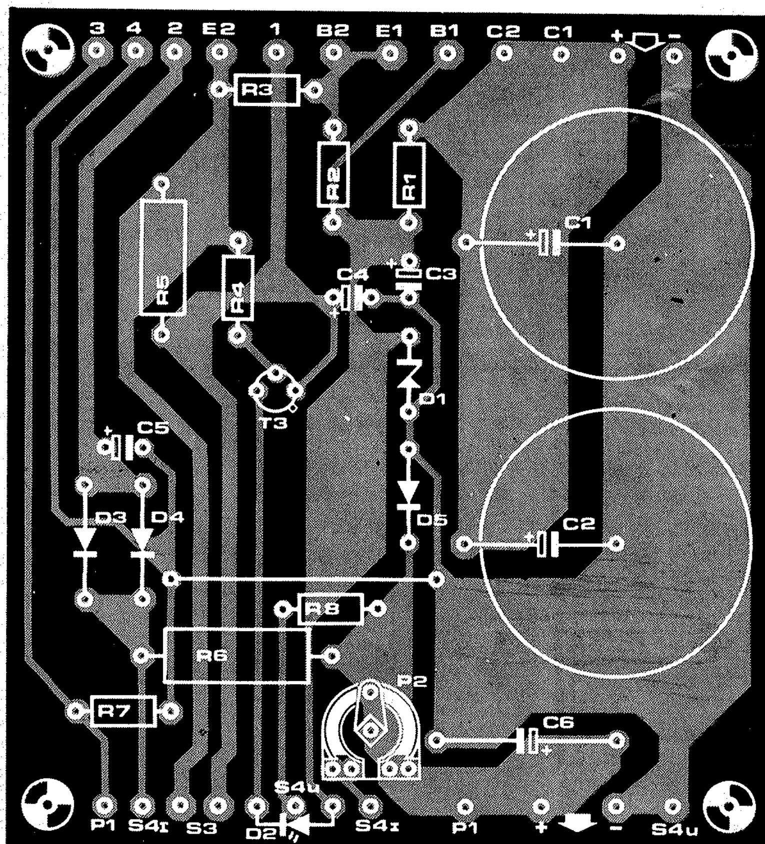
Figuur 2. Het uitgewerkte schema. De schakeling is uitgewerkt voor twee versies: een die maximaal 2,5 ampère levert, en een die 5 ampère aankan.

2



3





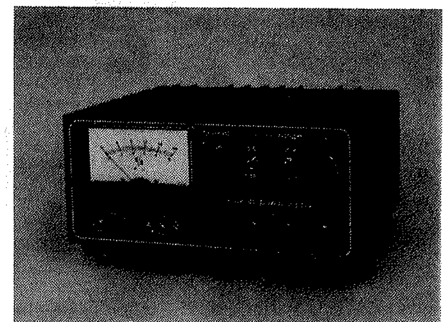
Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1,R2,R4 = 1 k
R3 = 100 Ω
R5 = 6,8 Ω (zie tekst)
R6 = 0,03 Ω (zie tekst)
R7 = 4k7
R8 = 20 k, 1%
P1 = potmeter 22 k (25 k) lin
P2 = instelpotmeter 220 Ω (250 Ω)

Kondensatoren:
C1 = 4700 μ/40 V
C2 = 4700 μ/40 V (zie tekst)
C3,C4,C5 = 1 μ/40 V tantaal
C6 = 100 μ/40 V

Halfgeleiders:
B1 zie tabel 1
D1 = zenerdiode 27 V/400 mW
D2 = LED
D3 = 1N5406
D4 zie tabel 1
D5 = 1N4001
T1 = BD 137, BD 139
T2 = 2N3055
T3 = BC 107C, BC 547C of ekw.
IC1 = μA 78HG (Fairchild)

Diversen:
F1 = zekering, zie tabel 1
M1 = draaispoelinstrument 1 mA
Tr1 = nettrafo, zie tabel 1
S1,S4 = schakelaar, dubbelpolig
S2 = schakelaar, zie tabel 1
S3 = schakelaar, enkelpolig, 5 A
La1 = neonlampje (met interne serieweerstand)



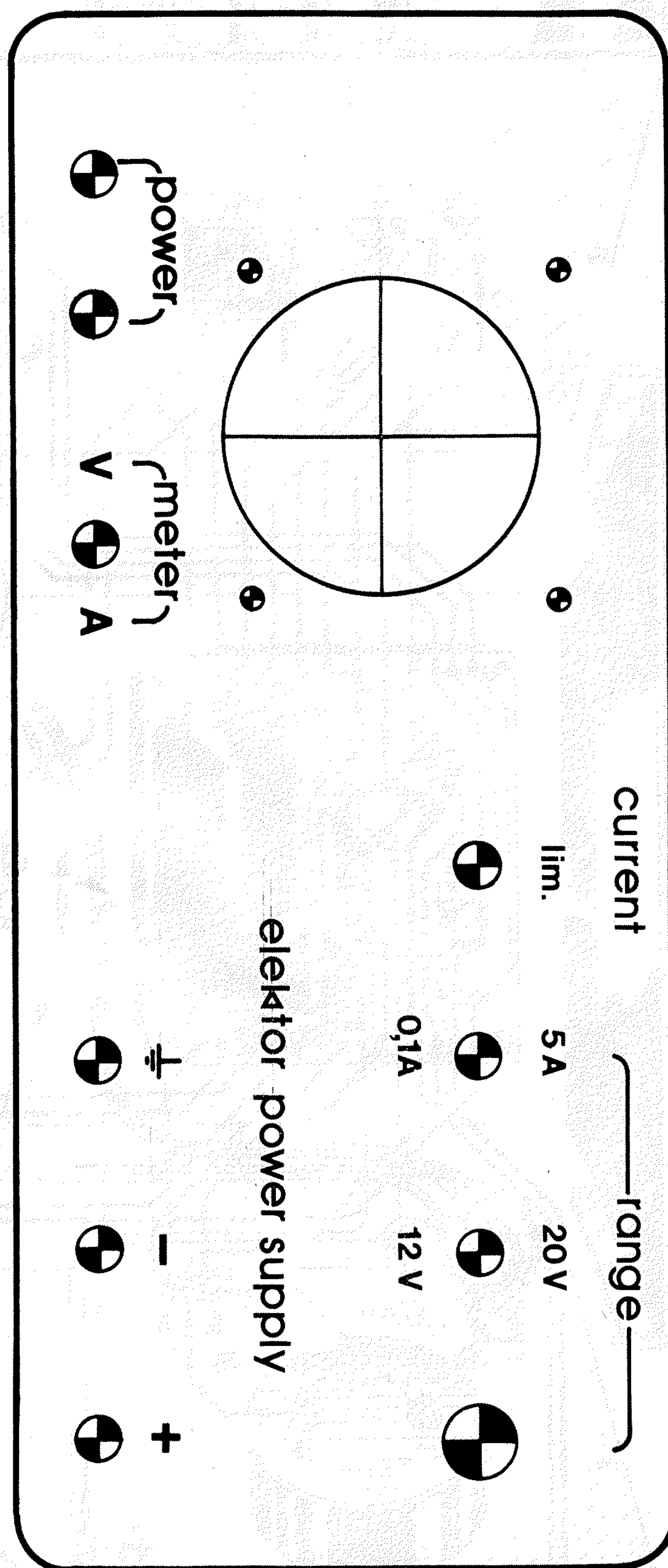
Figuur 3. De print. Omdat een relatief groot aantal onderdelen gekoeld moeten worden, kan lang niet de volledige schakeling hierop ondergebracht worden.

Figuur 4. Een ontwerp voor de frontplaat van het voedingsapparaat. De frontplaat kan via de EPS besteld worden en bestaat uit een zelfklevende PVC-folie.

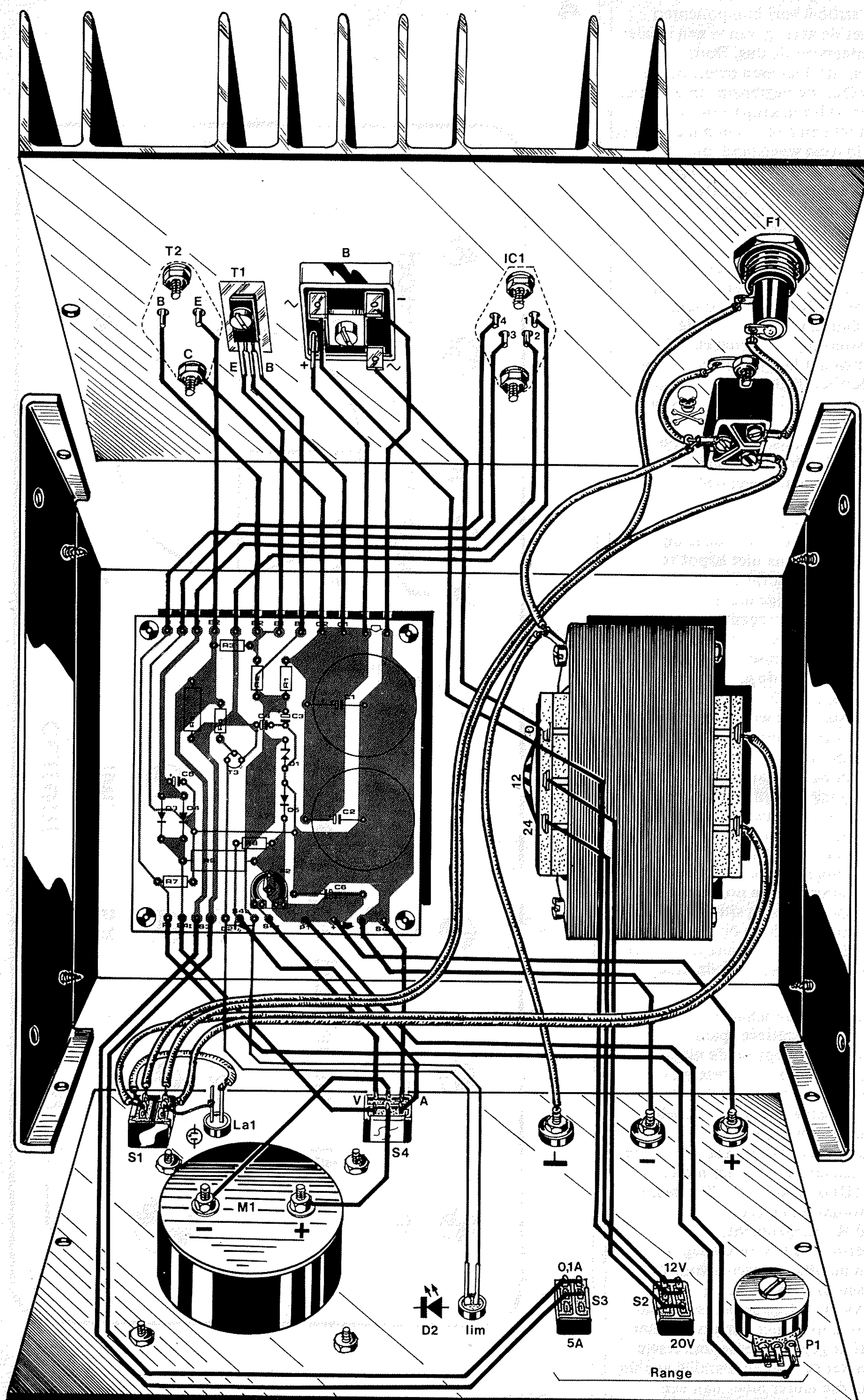
Deze waarde is gekozen omdat bij een dergelijke stroom veel komponenten nog net niet de geest geven – een ideale experimenteerwaarde dus. Door wijzigen van R5 kan men overigens de stroom waarbij de begrenzing in werking treedt naar believen aanpassen. Wel dient men rekening te houden met de dissipatie in deze weerstand, die maximaal 0,7 maal de begrenzingsstroom in ampère bedraagt. De begrenzingsstroom mag overigens niet groter gekozen worden dan 2 A, omdat anders de dissipatie in T2 te groot wordt. Bij die 2 A zou, indien de voeding wordt kortgesloten, in T2 al zo'n 60 watt gedissipeerd worden.
Door het sluiten van S3 wordt de stroombegrenzing uitgeschakeld. Het voedingsapparaat heeft dan alleen nog een kortsluitbeveiliging, die de stroom begrenst op de maximale stroom van 5 ampère.
De 'echte' spanningsstabilisatie vindt plaats in IC1. Dit is een onlangs door Fairchild op de markt gebrachte spanningsstabilisator van het type μA 78HG. Dit IC kan spanningen regelen tussen 5 V en 24 V en is bij normaal gebruik bijna niet kapot te krijgen (zelfs bij abnormaal gebruik kost het nog de nodige moeite . . .). Behalve de spanningsregeling verzorgt het IC ook de kortsluitbeveiliging en de beveiliging tegen termische overbelasting. De specifikaties van de μA 78HG zijn samengevat in tabel 2.
De uitgangsspanning wordt ingesteld met behulp van de potmeter P1. Samen met R7 vormt deze een spanningsdeler. Het IC regelt zijn uitgangsspanning zo, dat de spanning op zijn 'control'-ingang (pen 3), die dus afkomstig is van de spanningsdeler, steeds 5 volt t.o.v. de nul (pen 4) bedraagt. D3 en D4 zijn toegevoegd om IC1 te beschermen tegen voedingsspanningen die hoger zijn dan de ingangsspanning, een situatie die zich met name kan voordoen bij het gebruik van de voeding als akkulaadapparaat. In de 2,5 A-versie kan een van de dioden vervallen.

Bovendien wordt de schakeling beveiligd tegen negatieve spanningspieken die onverhoopt op de uitgang terecht mochten komen. Deze worden onschadelijk gemaakt met D5.
Aan de schakeling is één draaispoelinstrument toegevoegd (M1). Met behulp van schakelaar S4 kan men deze meter omschakelen voor het meten van spanning (U) of stroom (I). Ten behoeve van de stroommeting is de shuntweerstand R6 aangebracht. Voor stroommeting is de meteruitslag te kalibreren met P2; afregelen voor de spanningsmeting is niet nodig.
In plaats van het draaispoelinstrument kan men ook de in het januarinummer van Elektuur gepubliceerde universele digitale meter gebruiken. Parallel aan de ingang van die meter moet dan een 1%-weerstand van 1 k geschakeld worden, terwijl voor R8 van de degelijke voeding een waarde van 19 k (= 18 k en

4



5



T2
B
E
C
T1
E
B
B
IC1
F1
12
24
V
A
S1
La1
S4
M1
−
+
D2
lim
0,1A
S3
5A
12V
S2
20V
P1
Range

79034-5

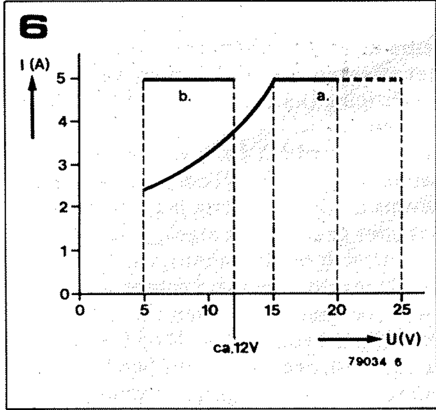
Tabel 1.

Verschillen tussen de 2,5 A-versie en de 5 A-versie.

	2,5 A	5 A
F1	zekering 250 mA	zekering 500 mA
Tr1	trafo 2 x 12 V/ 3,5 A	trafo 2 x 12 V/ 7 A
S2	vervalt	enkelpolige schakelaar, 7 A
B1	B40C2500	B40C5000
D4	vervalt	1N5406
C2	vervalt	4700 µ 40 V

Figuur 5. Een degelijke voeding is pas echt degelijk, wanneer aan de konstruktie en de bedrading ook de nodige aandacht is besteed.

Figuur 6. Uit deze grafiek blijkt het verband tussen de uitgangsspanning en de maximaal te leveren stroom. De letters a en b korresponderen met de gelijknamige standen van schakelaar S2.



Tabel 2.

Specifikaties µA 78 HG.

maximale dissipatie:	50 W (bij 25°C)
maximum ingangsspanning:	40 V
maximum spanningsverschil tussen in- en uitgang:	25 V
piekstroom:	7 A
dropout-spanning:	3 V
control-spanning:	4,8 V . . . 5,2 V
load regulation:	≤ 1%
line regulation:	≤ 1%
ruststroom:	≤ 10 mA
rimpelonderdrukking:	≥ 60 dB
ruisspanning:	75 µV

1 k in serie, beide 1%) gekozen moet worden. Men kan de universele digitale meter rechtstreeks van punt A voeden.

Konstruktie

Wil een degelijke voeding ècht degelijk zijn, dan dient aan de konstruktie de nodige aandacht besteed te worden. Omdat een relatief groot aantal onderdelen gekoeld moet worden kan niet alles worden ondergebracht op de print, die is afgebeeld in figuur 3. De komponenten die gekoeld moeten worden zijn: de brugcel B1, de transistoren T1 en T2 en de spanningsregelaar IC1. Vooral T2 en IC1 dienen fors gekoeld te worden. Voor IC1 dient men rekening te houden met een dissipatie van 50 W; daarvoor is een uit de kluiten gewassen koellichaam nodig. IC1 is ondergebracht in een TO-3 behuizing met vier pootjes. Het onderaanzicht is afgebeeld bij het schema van figuur 2.
De dissipatie van T2 kan oplopen tot 60 W, en ook hiervoor is dus een zware koeling vereist. Aan de koeling van de brugcel en van T1 worden niet zulke eisen gesteld; zij kunnen bijvoorbeeld tegen de kast van het voedingsapparaat gekoeld worden. Denk wel om de elektrische isolatie (mika en silikonenpasta) van de te koelen komponenten! IC1 hoeft echter niet elektrisch geïsoleerd te worden en kan dus rechtstreeks op de koelplaat gemonteerd worden.
De shuntweerstand R6 zal men zelf moeten maken; voor een weerstand van 0,03 Ω zal men in geen enkele winkel terecht kunnen. Het eenvoudigst maakt men deze weerstand van gewoon geëmailleerd koperdraad (wikkeldraad) van 0,6 mm diameter. Een stukje van 36 cm lengte, gewikkeld op een 1 watt weerstand (van bijvoorbeeld 10 k), levert de gewenste weerstand op; de zelfinduktie van deze zelfgemaakte weerstand is voor deze toepassing te verwaarlozen. (Desnoods kan deze weerstand bifilair gewikkeld worden.)
De weerstand R8 van 20 k met een tolerantie van 1% is goed verkrijgbaar, ook al komt hij niet voor in de standaard E-12 reeks (wel in de E-96 reeks).
De bedrading van het apparaat dient zorgvuldig en stevig uitgevoerd te worden. Omdat door de meeste van de draden een stroom van 5 A moet kunnen gaan, moet hiervoor niet te dun draad worden gebruikt. De verbindingen kunnen gemaakt worden aan de hand van figuur 5. Let er op dat de kast, in tegenstelling tot het normale gebruik, nergens met de schakeling verbonden is, maar alleen met een aparte 'aarde'-aansluitbus. Deze voorziening is getroffen om het apparaat voor zowel positieve als negatieve spanningen te kunnen gebruiken.
Het enige afregelorgaan in de schakeling is de instelpotmeter P2 ten behoeve van de stroommeting met M1. De gemakkelijkste manier is om het voedingsapparaat eerst in te stellen op een uitgangsspanning van ca. 10 V en vervolgens te belasten met een 45 W-autolamp. In serie met deze belasting dient een ampèremeter opgenomen te worden met een meetbereik van minimaal 4 A. P2 wordt nu (met S4 in de stand I) zo ingesteld dat de meter van de voeding dezelfde waarde aangeeft als de ampèremeter. Let wel; een ampèremeter is hierbij beslist noodzakelijk, aangezien de stroom niet berekend kan worden met behulp van de wet van Ohm (I = U/R) omdat de weerstand van de lamp niet konstant is (temperatuursafhankelijk).

Gebruik

Het gebruik van het voedingsapparaat spreekt voor zich, met uitzondering van de schakelaar S2 (die dus alleen in de 5 A-versie aanwezig is). Zoals al ter sprake is gekomen dient men deze schakelaar in stand b te zetten, wanneer men een *grote* stroom aan de voeding wil onttrekken bij een *lage* spanning. Zou men de schakelaar bij die omstandigheden in stand a laten staan, dan zou de termische beveiliging van IC1 al snel in werking treden, omdat de dissipatie in het IC de toegestane waarde van 50 W zou overschrijden. De dissipatie wordt door het omzetten van S2 tot aanvaardbare proporties teruggebracht; de konsekwentie daarvan is wel, dat de maximale te leveren spanning niet hoger is dan ca. 12 V. De grafiek van figuur 6 toont, voor de twee standen van S2, hoe de maximaal te leveren stroom samenhangt met de uitgangsspanning van het apparaat. ◄

vrije 27 MHz band in 1980

Meer Algemene Radio Communicatie (MARC) in het voorjaar van 1980 een feit

Over een jaar mag iedereen in Nederland, die ouder dan 16 jaar is, zenden op de 27 MHz band met een door de PTT goedgekeurde zender.
Hoewel het rapport van de PTT over deze materie op het moment dat wij dit schrijven nog niet openbaar is, is het (op grond van de door de Europese "PTT's" gemaakte afspraken) niet moeilijk om nu al te raden wat de technische details zullen zijn. Alvast een waarschuwing: koop geen Amerikaanse dumpbakjes (meestal AM, ca. 4 watt), daar deze nooit door de PTT zullen worden goedgekeurd! Wacht tot de PTT bekend maakt, welke typen wel goedgekeurd zullen worden (waarschijnlijk in de loop van dit jaar).

Op 27 december 1978 heeft de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, Mevr. drs. N. Smit-Kroes, een persbericht gepubliceerd. Hierin stond te lezen dat ze de PTT had verzocht een machtigingsstelsel voor Meer Algemene Radio Communicatie (MARC) voor te bereiden.
Inmiddels heeft de PTT een rapport samengesteld, dat op 19 januari j.l. in de ministerraad besproken is. Vervolgens zal het op 8 februari aan de vaste kamerkommissie van Verkeer en Waterstaat aangeboden worden, waarna het rapport openbaar wordt.
Dit rapport is (uiteraard) gebaseerd op de rekommandatie ("aanbeveling") T/R 19, een rapport dat door de CEPT (Comité Europeënne des Postes et des Télécommunications, dus eigenlijk de overkoepelende Europese PTT) is samengesteld. Vooruitlopend op het openbaar worden van het rapport heeft de staatssecretaris alvast de belangrijkste gegevens bekend gemaakt.

Voornaamste gegevens van MARC

In elk geval kunnen we stellen dat de machtiging onder de volgende voorwaarden zal worden verleend:
- De kommunikatie zal plaats vinden op de 27 MHz band (11 meter band).
- De modulatiesoort zal FM zijn.
- Het maximale uitgangsvermogen bedraagt 0,5 watt.
- Er zijn 22 kanalen.
- Om een machtiging te verkrijgen behoeft men geen examen af te leggen. Wel moet men minstens 16 jaar zijn.
- Er zal gewerkt moeten worden (althans in Nederland) met een door de *Nederlandse* PTT "type-goedgekeurde" zend-ontvanger.

Verdere details komen in de loop van dit artikel nog aan de orde.

De voorgeschiedenis

Het radio-amateurisme vindt zijn oorsprong in de eerste dagen van de radiotoepassingen; het was – en is nog steeds – sterk gericht op experimenteel gebruik en het daardoor vergroten van de kennis van het medium radio. Daarom heeft de overheid voor radiozendamateurs de mogelijkheid geschapen om, na het afleggen van een examen, een zendmachtiging (kategorie A, B of C) te verkrijgen.
In 1974 werd het bezit van walkie-talkies (figuur 1) verboden, maar werd tevens de D-machtiging ingevoerd. Na een met goed gevolg afgelegd examen mocht men op de 2-meter-band zenden. Die D-machtiging bleef echter maar twee jaar geldig – binnen die tijd werd men geacht voor het A, B of C-examen te zijn geslaagd. (In november 1978 zijn echter de D-machtigingen van degenen die niet voor het examen geslaagd waren, weer verlengd).

De 27 Mc-ers: kommunicatie-amateurs

De D-machtiging loste het probleem van de klandestiene zenders niet op, integendeel. Naar het voorbeeld van de Amerikaanse Citizensband (CB, ook wel 27 Mc = 27 Mega cycles per second = 27 MHz) ontstond in Nederland de behoefte aan radiokommunikatie, met gebruikmaking van doorgaans Amerikaanse 27 MHz apparatuur.
Deze 27 MHz gebruikers hebben een minder uitgesproken technische interesse en stelden de onderlinge radiokommunikatie – waarvoor binnen het zendamateurisme nauwelijks plaats is – primair. Ze noemen zich dan ook wel kommunikatie-amateurs. De Nederlandse regering liet dit gebruik van de ether echter niet toe. De 27 MHz-ers hebben zich onder andere verenigd in de Nederlandse Communicatie Vereniging (NCV). De NCV heeft aan de staatssekretaris van Verkeer en Waterstaat een "alternatieven-nota" aangeboden, waarin gepleit werd voor een "vrije" 27 MHz band.
Een groep, waarmee de 27 MHz-ers vaak ten onrechte worden verward, zijn "de omroep-piraten", de illegale zenders op de middengolf- en de FM-band. Deze groep beoogt een alternatief omroepprogramma in de ether te brengen naast of (als hierdoor de Hilversumse zender weggedrukt zouden worden) in plaats van de officiële omroep. In dit geval gaat het om eenzijdige, illegale informatie in plaats van om onderlinge kommunikatie.

De PTT

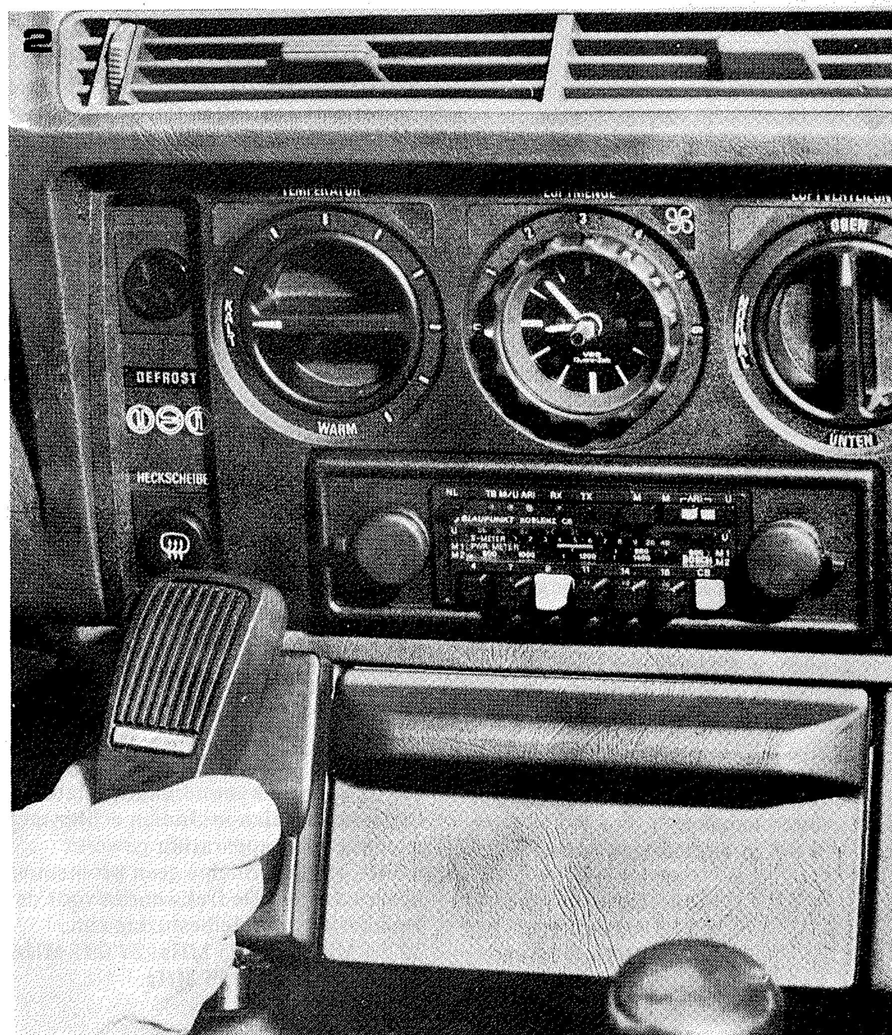
Dat de PTT voorzichtig is met een algemene machtiging voor de 27-MHz-band spreekt vanzelf. Immers, de PTT heeft in het verleden zeer veel klachten gekregen over radio's, TV's, platenspelers en andere elektronische apparatuur, die gestoord werden door 27 MHz-ers. Vaak bleek dit echter zendapparatuur met AM te zijn in plaats van FM. Bovendien was deze apparatuur soms van "linears" (lineaire versterkers, ook wel "nabranders" genoemd) voorzien, waardoor de vermogens tot 100 watt of meer opliepen.
Vandaar dat de PTT nu frekwentiemodulatie voorschrijft en een maximaal zendvermogen van 0,5 watt.

Storing

De door radio-amateurs veroorzaakte storing kunnen we in twee klassen indelen.
In de eerste plaats de storing die door de zender veroorzaakt wordt, wanneer deze harmonischen of mengprodukten uitstraalt op andere frekwenties dan de zendfrekwentie. Als dit optreedt ligt de schuld bij de zendamateur, die zijn zender onverwijld zal moeten verbeteren. Bij type-goedgekeurde zenders (d.w.z. de fabrikant laat een bepaald type keuren, niet de koper) is de oplossing eenvoudig: door de eisen voor uitstraling buiten de zendfrekwentie streng genoeg te maken, zal dit type storing nauwelijks voorkomen.
Er bestaat echter ook storing die veroorzaakt wordt door het feit dat de gestoorde apparatuur onvoldoende immuun is voor het (ter plaatse zeer sterke) "schone" veld van de amateurzender. In dit geval ligt de schuld dus niet bij de radio-amateur. Een voorbeeld hiervan is de beruchte breedband-antenneversterker. Daar deze versterkers vaak alle signalen tussen 1 MHz en 1000 MHz versterken, wordt ook het zeer sterke signaal van de plaatselijke zendamateur versterkt. Dit heeft tot gevolg dat de versterker overstuurd wordt, waardoor geen radio- en TV-ontvangst via deze versterker meer mogelijk is. Gelukkig staat de PTT achter de zendamateur, die in dit geval geen blaam treft. De oplossing voor dit probleem kan zijn: het aanbrengen van een sperfilter op de zendfrekwentie vóór de antenneversterker, of het vervangen van de breedband-antenneversterker door een (vaak duurdere) selektieve antenneversterker, of – nog beter – helemaal geen antenneversterker gebruiken, maar betere antennes. In vele gevallen blijkt het gebruik van antenneversterkers overbodig te zijn. Doorgaans wordt bij centrale antennesystemen geen hinder ondervonden, daar deze meestal van goede kwaliteit zijn.
Een tweede voorbeeld is de z.g. "laagfrekwent-detektie". Dit treedt op bij AM en manisfesteert zich doorgaans bij geluidsapparatuur, elektronische orgels etc. Door de niet-lineaire elementen die deze apparatuur bevat, treedt demodulatie (detektie) van het uitgezonden signaal op dat na versterking hoorbaar wordt in de luidspreker. De storing wordt vaak veroorzaakt doordat de gestoorde apparatuur vaak onvoldoende is afgeschermd tegen de HF-velden van de amateurzender. Omdat bij FM de amplitude van het signaal konstant is, hebben we hier veel minder last van laagfrekwent-detektie. Wel kunnen door deze draaggolf transistoren "uit hun instelpunt lopen", waardoor extra vervorming kan ontstaan.



Figuur 1. Een walkie talkie, waarmee men zo'n 3 km ver kan zenden.



Figuur 2. Er bestaan ook autoradio's waarin een 27 MHz zend-ontvanger is ingebouwd. Hier ziet u er een, gemonteerd in een auto.

De rekommandatie T/R 19

De rekommandatie T/R 19 is opgesteld door de Europese "PTT" en heeft tot doel in de verschillende Europese landen tot een harmonisatie van technische eisen voor de 27 MHz apparatuur te komen. Omdat deze rekommandatie te uitgebreid is om in zijn geheel te publi-

ceren, zullen we er de interessantste punten uitlichten.

- Er worden 12 voorkeur- en 10 reservekanalen aanbevolen. De Nederlandse PTT neemt ze allemaal tegelijk in gebruik. De frekwenties van deze kanalen zijn:

kanaalnummer	frekwentie (in MHz)	
1	26,965	
2	26,975	
3	26,985	
4	27,005	voorkeur-kanlaen (volgens T/R 19)
5	27,015	
6	27,025	
7	27,035	
8	27,055	
9	27,065	
10	27,075	
11	27,085	
12	27,105	
13	27,115	
14	27,125	
15	27,135	
16	27,155	
17	27,165	
18	27,175	
19	27,185	
20	27,205	
21	27,215	
22	27,225	

- De kanaalbreedte is dus 10 KHz.
- In T/R 19 wordt zowel FM als AM toegestaan, maar de Nederlandse PTT staat alleen FM toe. In Duitsland is zowel AM als FM toegestaan.
- Het maximaal toegestane vermogen bedraagt 0,5 watt output én 2 watt input. Aan beide voorwaarden moet dus worden voldaan.
- Men mag alle antennes gebruiken, met uitzondering van richtingsgevoelige antennes.
- Men mag niet vanuit een vliegtuig zenden, wel vanuit een boot.
- Het vermogen van de ongewenste straling (spurious emissions) naast de zendfrekwentie moet kleiner zijn dan:
  - 10 µW voor de direkt ernaast gelegen kanalen
  - 4 nW in de omroepbanden:

    41 MHz – 68 MHz
    87,5 MHz – 104 MHz
    162 MHz – 230 MHz
    470 MHz – 862 MHz

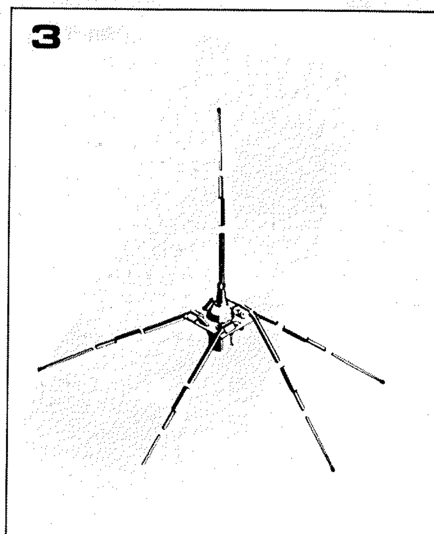
  - 0,25 µW op andere frekwenties
- De ongewenste straling van de ontvanger moet kleiner zijn dan 2 nW op alle frekwenties.
- De zend-ontvangers moeten typegoedgekeurd zijn.

Voor verdere details, meetmetoden e.d. verwijzen we u naar de rekommandatie T/R 19.

Zendbereik en groot vermogen

Bij FM en een zendvermogen van 0,5 watt output kan men een afstandsbereik verwachten van 3 à 20 km. Dit is afhankelijk van atmosferische kondities, de antenne (zo zullen thuisstations met een hoge antenne verder komen dan walkie talkies met een sprietantenne), de bebouwingsgraad e.d. Een voordeel van FM is het optreden van het z.g. "capture effekt", waardoor – als er meerdere zenders op de zelfde frekwentie zitten – alleen het sterkste station wordt ontvangen. Als de band druk bezet is, zul je dus (bij even sterke stations) niet verder komen dan halverwege het volgende station dat op hetzelfde kanaal zendt. Een groter zendvermogen voor alle zenders (bijvoorbeeld met nabranders) heeft dus geen zin, want met een druk bezette band kom je toch niet verder als iedereen een groter zendvermogen heeft.

Figuur 3. De ground plane antenne (GP). Deze antenne heeft een versterking van ongeveer 2 dB.



Modelbesturing

Een groepering die niet zo ingenomen zal zijn met de nieuwe 27 MHz regeling vormen de modelbouwers. De voor deze doeleinden bestemde kanalen liggen tussen de voor de kommunikatieamateurs bedoelde kanalen in. Indien echter met goedgekeurde apparatuur gewerkt wordt, zijn in principe geen problemen te verwachten. De frekwenties voor de kanalen voor modelbesturing zijn: 13,56 MHz; 26,995 MHz; 27,095 MHz; 27,145 MHz; 27,255 MHz.

Enige praktische tips

Waarschijnlijk zal de handel met argumenten als "het komt vrij" proberen om 27 MHz Amerikaanse apparatuur (40 kanalen, AM, 4 of 5 watt output) te slijten. Ga hier vooral niet op in, maar let erop of het apparaat goedgekeurd is door de Nederlandse PTT. Straks, als er veel gebruikers komen, kun je met die AM-zenders veel minder mensen bereiken dan met FM. Bovendien is het weggegooid geld, want deze apparaten worden nooit type-goedgekeurd.
Gebruik een goede antenne, bezuinig hier niet op. Naar alle waarschijnlijkheid zal de GP (Ground Plane) antenne (figuur 3) door de PTT worden toegestaan. Deze antenne heeft een geringe richtwerking in het vertikale vlak, en dus ook enige versterking (ca. 2 dB).
Veroorzaak geen storingen en knutsel dus niet zelf aan de zender. Wees voorzichtig met zenden tijdens de TV-uren en gebruik geen linears e.d. Houd de kanalen niet onnodig lang bezet.
Zodra er nieuws komt over goedgekeurde apparatuur e.d. zullen we u hiervan op de hoogte houden.

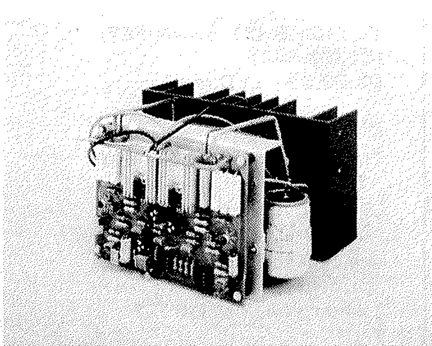
Literatuur

- *Recommendation T/R 19.*
- *Nota alternatieven voor kommunikatie-gebruikers, aangeboden aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat door de NCV, Postbus 2999, 2002 RZ Haarlem.*
- *FM op 27 MHz, Elektuur juni '74.*

stentor

Een homerische versterker

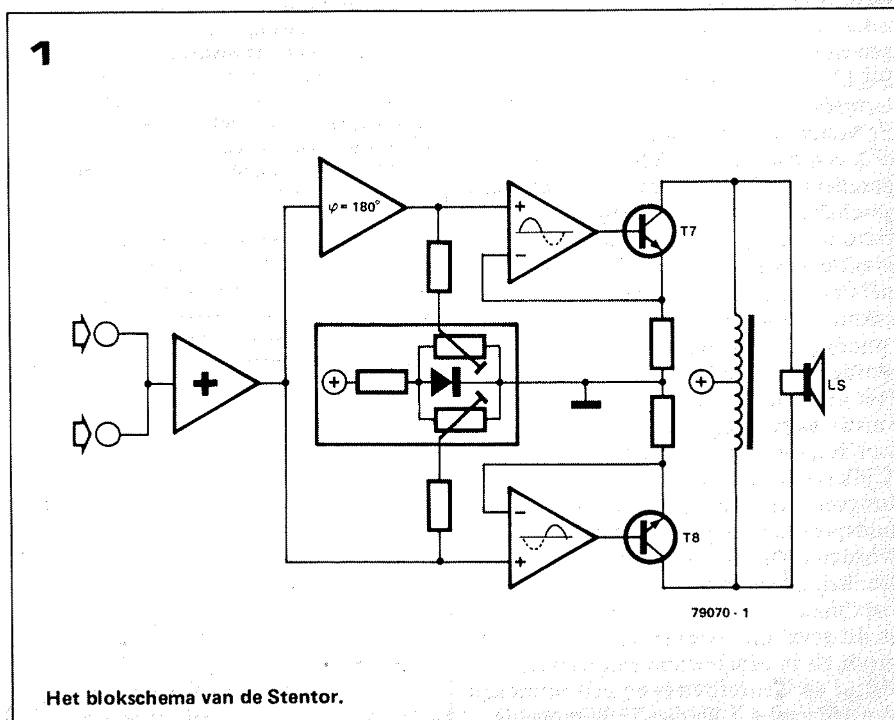
In Homerus' epos Ilias is Stentor de naam van de man met een stem, harder dan die van vijftig krijgslieden samen. In de hedendaagse elektronica is Stentor de naam van de versterker met een vermogen, groter dan dat van vijftig transistorradio's samen. De voeding kan worden betrokken uit een auto-akku, zodat een min of meer draagbaar geheel ontstaat dat zowel in de karnavalsoptocht, een politieke demonstratie als op het podium ter ondersteuning van popmuzikanten uitstekend van pas kan komen.



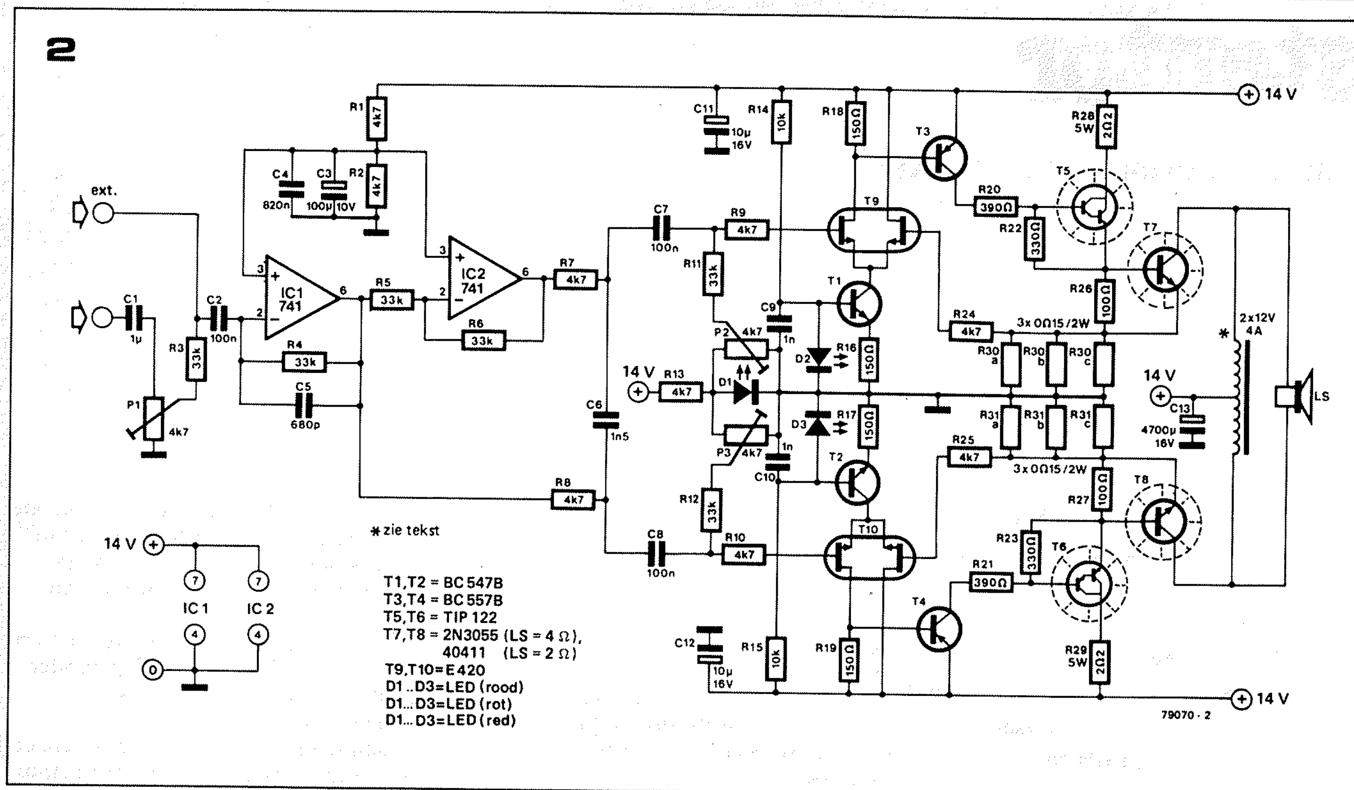
Niet alleen bestaat er behoefte aan versterkers met een groot uitgangsvermogen, vaak ook wil men een dergelijke eigenschap gekombineerd zien met een niet plaatsgebonden karakter. Zeker in deze tijd van karnavalsoptochten en andere demonstraties van menselijke betrokkenheid, wil men mobiele (lees uit de auto-akku gevoede) versterkers, waarmee als het even kan verstaanbaar en in ieder geval zo hard mogelijk, bepaalde opvattingen danwel een feestelijke stemming verkondigd kunnen worden. Dat laatste dan in de vorm van toepasselijke muziek.
Een vergelijkbare eis wordt gehoord van pop-orkestjes, die de mechanisch weinig sterke buizenversterkers willen vervangen door stabielere transistorversies, maar daarvoor noch het uitgangsvermogen, noch het zo karakteristieke 'buizengedrag' van zo'n versterker willen inleveren.
Voor beide groeperingen is een goede versterker te maken, mits een groot uitgangsvermogen kan worden gehaald uit een versterker, die met een 'draagbare', lage spanning kan worden gevoed. Voor de demonstranten een lage spanning in verband met de beschikbare akkuspanning; voor de orkestjes èn de demonstranten een lage spanning in verband met de verkrijgbaarheid van onderdelen.
Voor beide groeperingen ook, is een vrij grote harmonische vervorming minder desastreus dan een slecht cross-over gedrag of clippen.
Uitgaande van de auto-akkuspanning en een aantal gangbare versterkerprincipes zullen we om te beginnen eens vaststellen wat teoretisch het grootst mogelijke uitgangsvermogen is. Bij een konventionele (bijvoorbeeld komplementaire) eindtrap is het uitgangsvermogen aan de hand van een eenvoudige formule te bepalen, wanneer allerlei verliezen worden verwaarloosd. Houd er wel rekening mee dat een dergelijke formule alleen geldt wanneer een sinusvormig signaal aan de versterker wordt aangeboden.
Het maximale uitgangsvermogen is:

$$P = \frac{U^2}{8 \cdot R_L}$$

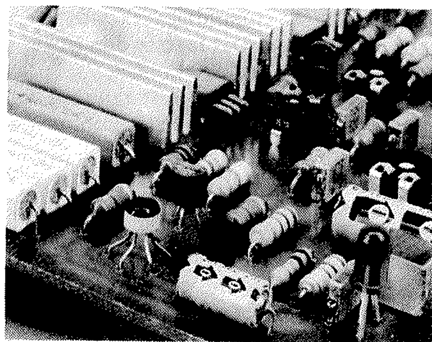
P = sinusvermogen
U = voedingsspanning



Het blokschema van de Stentor.



R_L = luidsprekerimpedantie
Bij 12 V en een 4 Ω luidspreker is dat dus 4,5 W.
Een dergelijk vermogen is natuurlijk belachelijk voor een 'public-address' installatie. Nu wordt er in de versterkertechniek ook wel gebruik gemaakt van een konfiguratie die men brugversterker heeft genoemd. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van twee gelijke eindtrappen, waarvan er één een ingangssignaal krijgt dat 180° in fase verschoven is ten opzichte van het signaal dat de andere ontvangt. De luidspreker (die tussen de twee uitgangsklemmen van de eindtrappen is aangebracht) krijgt dan een signaal dat twee maal zo groot is als in een gewone versterker. Een en ander resulteert in een vier maal zo groot uitgangsvermogen. Bij 12 V en een 4 Ω luidspreker dus teoretisch 18 W.
Er bestaat nog een mogelijkheid. In feite ook een balansversterker maar dan is parallel aan de luidspreker nog een trafo geschakeld. Het gaat daarbij om een trafo met twee, zoveel mogelijk identieke, wikkelingen (bijvoorbeeld een nettransformator met twee gelijke sekundaire wikkelingen, welke als 'smoorspoel met middenaftakking' kan worden geschakeld).
Het gemeenschappelijke aansluitpunt van de twee wikkelingen wordt met een van de voedingslijnen verbonden.
Tijdens het uitsturen zou, net als bij de brugversterker, de spanning over de luidspreker twee maal zo groot kunnen worden als de voedingsspanning.
Dankzij de transformator wordt de maximale spanning over de luidspreker in dit geval niet twee maar vier keer zo groot als in een gewone eindtrap (zie figuur 4). Teoretisch is nu een vermogen van 16 maal 4,5 W, dus 72 W mogelijk,



Figuur 2. Het komplete schema van de Stentor. De LED's D2 en D3 dienen voor de basisspanningsinstelling van de bijbehorende transistors en zullen niet of nauwelijks oplichten. Evenmin als D1, die voor de ruststroominstelling is gebruikt.
Het instellen van de ruststroom is heel eenvoudig. Er wordt een stroommeter in de voedingslijn geplaatst, de lopers van P2 en P3 staan tegen massa (denk daaraan bij de montage!). Met P2 wordt nu de ruststroom op 0,5 A ingesteld. Met P3 wordt deze verhoogd tot 1 A.

Figuur 3. De printlayout en de komponentenopstelling van de Stentor. De eindtransistoren en de trafo kunnen niet op de print worden ondergebracht; T7 en T8 moeten op een voldoend grote koelplaat worden gemonteerd (de transistors moeten worden geïsoleerd van de koelplaat).

Onderdelenlijst:

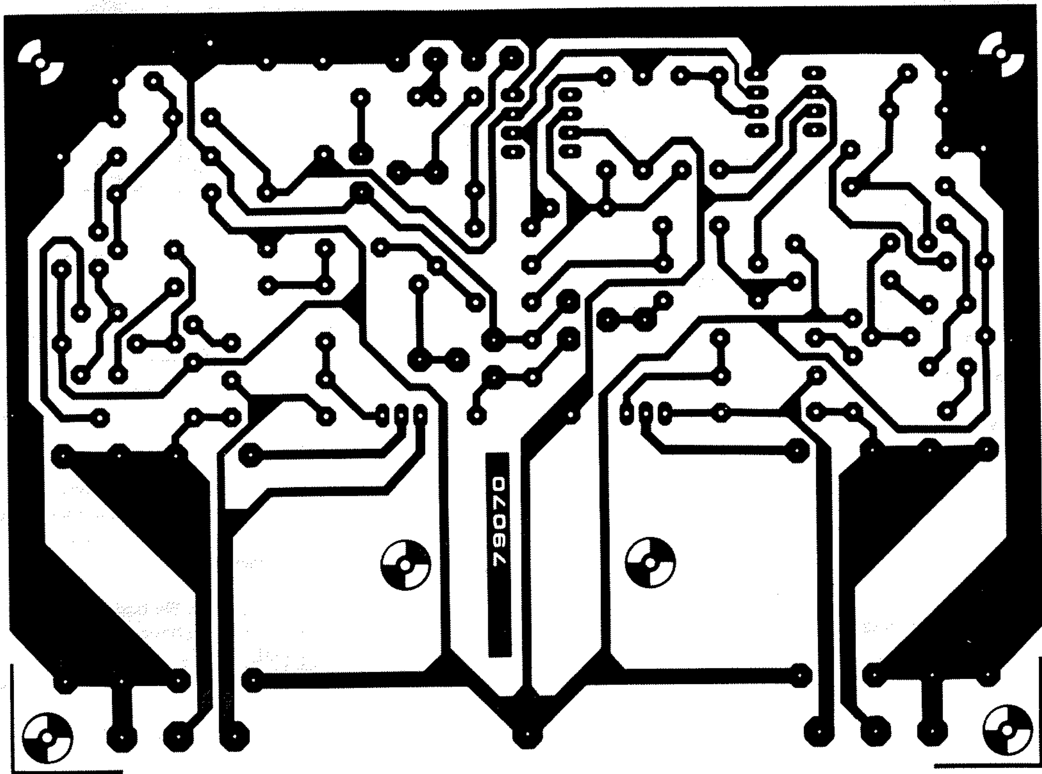
Weerstanden:
R1,R2,R7,R8,R9,R10,R13, R24,R25 = 4k7
R3,R4,R5,R6,R11,R12 = 33 k
R14,R15 = 10 k
R16,R17,R18,R19 = 150 Ω
R20,R21 = 390 Ω
R22,R23 = 330 Ω
R26,R27 = 100 Ω
R28,R29 = 2Ω2/5 Watt
R30a,R30b,R30c,R31a,R31b, R31c = 0,15 Ω/2 Watt
P1,P2,P3 = 4k7 instelpotmeter

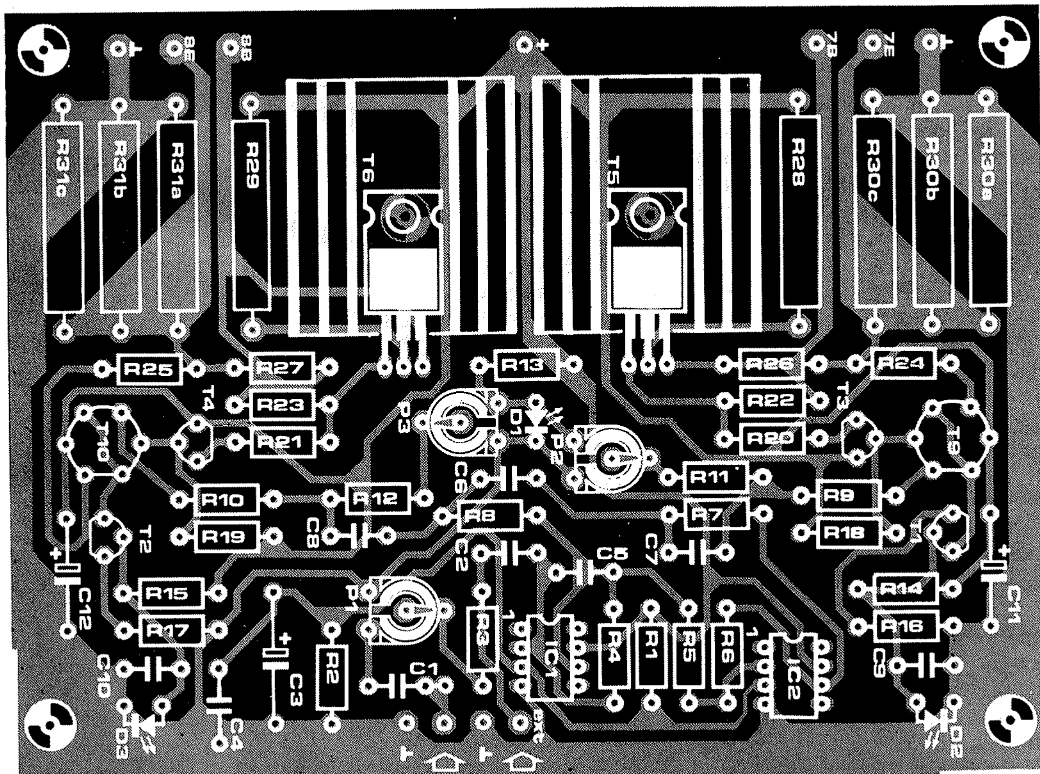
Kondensatoren:
C1 = 1 μ (geen elko)
C2,C7,C8 = 100 n
C3 = 100 μ/10 V
C4 = 820 n
C5 = 680 p
C6 = 1n5
C9,C10 = 1 n
C11,C12 = 10 μ/16 V
C13 = 4700 μ/16 V

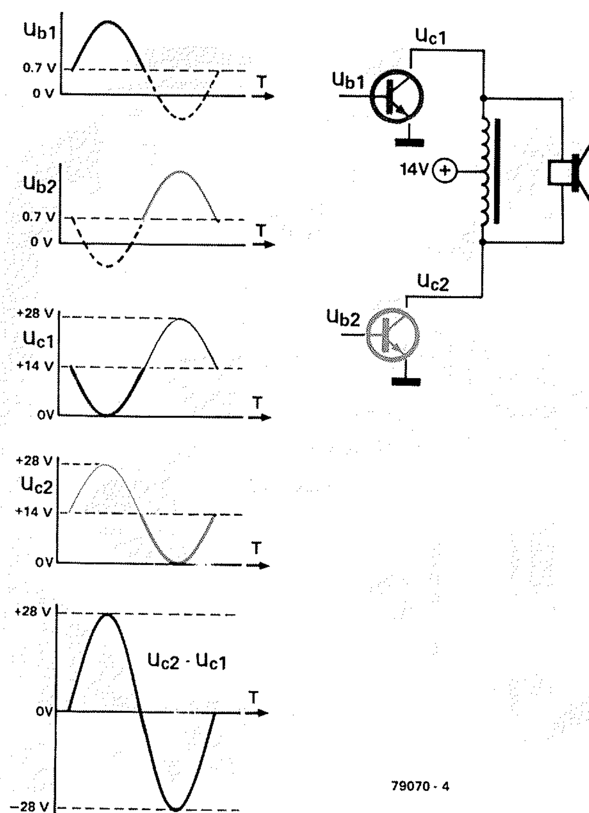
Halfgeleiders:
T1,T2 = BC 547B
T3,T4 = BC 557B
T5,T6 = TIP 122
T7,T8 = 2N3055 (LS = 4 Ω), 40411 (LS = 2 Ω)
T9,T10 = E 420 (dubbel FET)
IC1,IC2 = 741
D1,D2,D3 = LED rood

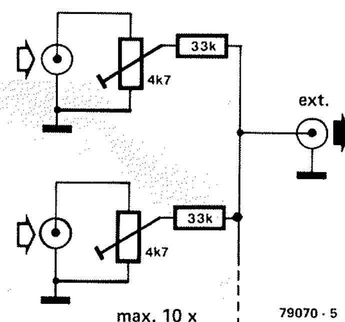
Diversen:
Trafo 2 x 12 V/4 A (LS = 4 Ω), 2 x 12 V/8 A (LS = 2 Ω)
LS = 4 Ω/75 W of 2 Ω/150 W (zie tekst).
Koelplaat (ca. 250 cm², vinnen ca. 5 cm)
2 x koelplaat voor TIP 122

3


79070


8E
8B
7B
7E
+
R31c
R31b
R31a
R29
T6
T5
R28
R30c
R30b
R30a
R25
R27
R13
R26
R24
T4
R23
R22
T3
T10
R21
P3
D1
P2
R20
T9
C6
R11
R10
R12
R9
C8
R8
R7
T2
R19
R18
T1
C2
C5
C7
C12
R15
R14
C11
P1
R17
R3
IC1
R4
R1
R5
R6
IC2
R16
C10
R2
C1
C9
C3
C4
D3
ext
D2





Figuur 4. Duidelijk is in deze figuur te zien hoe de eindtrap met trafo werkt.

Figuur 5. Wanneer meerdere ingangssignalen met elkaar gemengd moeten worden kan dat op deze manier. Wanneer slechts één ingangssignaal wordt toegevoerd dient P1 als volumeregelaar.

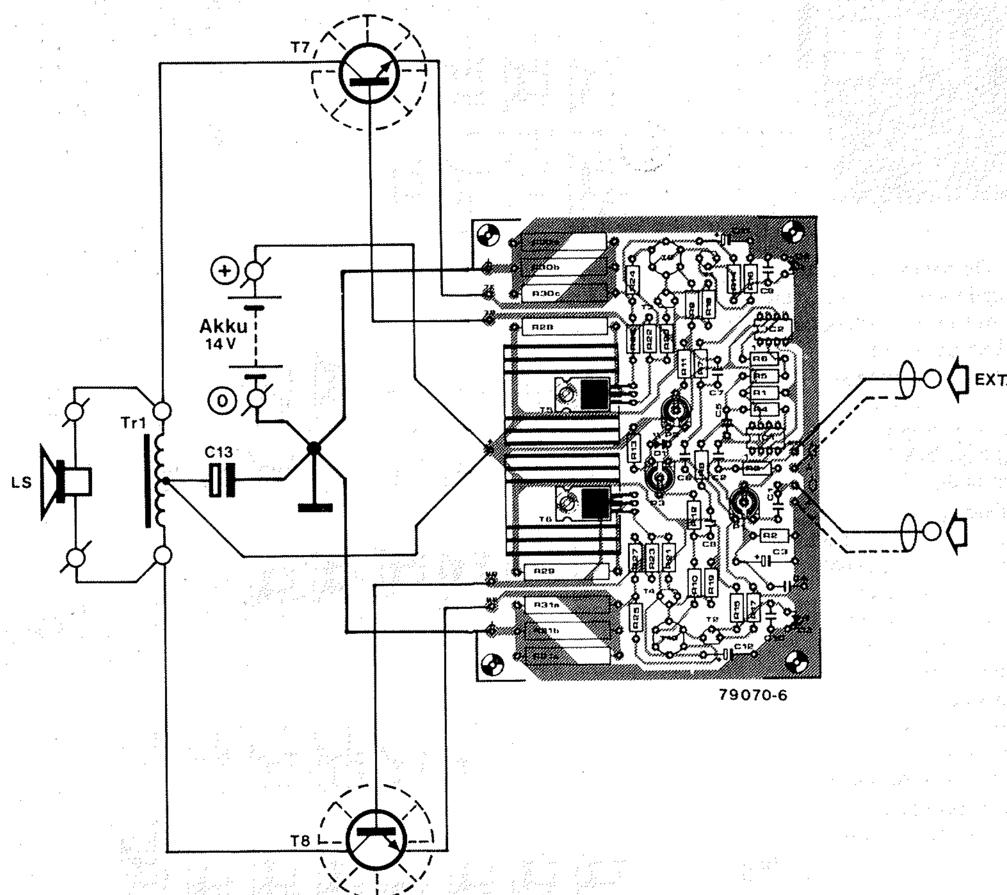
Figuur 6. De bedrading dient met uiterste zorg te gebeuren. Dikke strakke verbindingen zijn nodig, zoals te zien is in de figuur. Het afwijken van deze schets is beslist af te raden.

bij een vier ohm belasting. Als de voeding 'zwaar' genoeg is, kan zelfs een kleinere belasting, bijvoorbeeld 2 Ω, worden gekozen zodat een vermogen van (nog steeds teoretisch) 144 W kan worden gehaald. Het is duidelijk dat met kunst en vliegwerk dus wel een dozijn watt per volt voedingsspanning kan worden verkregen.
Helaas is de stroomopname dan nog veel meer dan een dozijn ampère per volt, zodat het gemaakte voorbehoud voor wat betreft de voeding op zijn plaats is. De akkuspanning kan overigens tot 14 V bedragen.

Het blokschema

In figuur 1 is het blokschema getekend van de Stentor. Te zien is dat van het laatst besproken principe (dus met trafo) gebruik is gemaakt.
Het ingangssignaal wordt toegevoerd aan een sommeerversterker, waardoor de mogelijkheid ontstaat meerdere signalen toe te voeren en die tegelijk (in een instelbare mengverhouding) door de Stentor te laten versterken (zie figuur 5).
De eigenlijke eindversterker bestaat uit twee eindtrappen die identiek zijn. Een daarvan krijgt zijn ingangssignaal direkt van de sommeerversterker. De andere wordt gestuurd via een fasedraaier.
Wanneer dus de positieve helft van een sinus aan de ingang wordt aangeboden, wordt één eindtrap positief uitgestuurd en de andere eindtrap krijgt de inverse van het signaal en wordt 'negatief' uitgestuurd. Met andere woorden: de andere eindtrap spert dan. De eigenlijke eindtrappen worden gevormd door verschilversterkers die een soort stroombronnen (T7/T8) sturen. Om op het moment dat het ingangssignaal nul is, T7 en T8 al op het randje van geleiden in te stellen (zodat de geringste spanningsverandering al een stroomverandering door T7 of T8 veroorzaakt) is een soort ruststroom-instelling mogelijk gemaakt. Met de beide potmeters is het namelijk mogelijk een voorspanning in te stellen; een gelijkspanning tussen 0 V en ca 1,4 V bij het stuursignaal op te tellen. Cross-over misdragingen worden hierdoor tot een minimum beperkt.
De eindtransistoren sturen de trafo. De middenaftakking van de trafo is verbonden met de voedingsspanning. De stroom die vanuit de plus van de voeding wordt getrokken via de wikkeling, bijvoorbeeld T7 en de emitterweerstand is afhankelijk van de mate waarin T7 is opengestuurd. Steeds wanneer de sturing van T7 verandert, zal de grootte van die stroom veranderen.
De stroomverandering heeft tot gevolg dat in de andere wikkeling een spanning wordt geïnduceerd, welke maximaal

6



12 V kan bedragen. In het totaal kan dus maximaal 2 x 12 V = 24 V over de luidspreker komen te staan per halve periode. De toptopwaarde van de luidsprekerspanning is 48 V maximaal, want wanneer T8 geleidt en T7 spert, treden dezelfde verschijnselen op, zij het dat de stroomrichting door de luidspreker dan andersom is.

Het schema

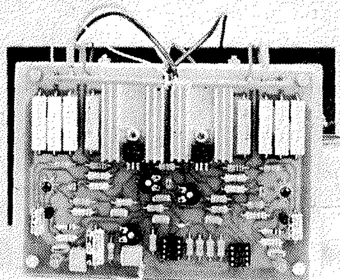
In figuur 2 is het uitgewerkte schema van de Stentor te zien. De werking van het geheel mag dan aan de hand van het blokschema duidelijk geworden zijn, er zijn toch nog wel enige details die nadere toelichting behoeven. We lopen stap voor stap het schema even door: A1 is de sommeerversterker, een konventionele opzet waarbij de versterking nagenoeg wordt bepaald door de verhouding R4/R3. Via R1 en R2 is een referentiespanning beschikbaar die gelijk is aan de halve voedingsspanning. Omdat de niet-inverterende ingang van de sommeerversterker met deze referentie verbonden is, zal bij afwezigheid van een stuursignaal de uitgangsspanning van A1 gelijk zijn aan de halve voedingsspanning. Ieder op de ingang aangeboden wisselspanningssignaal komt aan de uitgang van A1 en is dan bij de halve voedingsspanning opgeteld. A2 doet precies hetzelfde als A1. Beide opamps worden gestuurd op de inverterende ingang; met andere woorden het signaal wordt door iedere opamp 180° in fase verschoven. De twee eindtrappen zijn identiek en bestaan uit een verschilversterker (T9, T10) die m.b.v. een stroombron (T1, T2 met omringende komponenten) is ingesteld, en T3, T5 en T7 (T4, T6 en T8) stuurt. De stroombron is gerealiseerd met een rode LED. Deze moet per sé rood zijn om de juiste basisspanningsinstelling te verkrijgen. (De spanning over een rode LED is anders dan die over bijvoorbeeld een groene!). De kollektorstroom van T1 gaat door de beide helften van T9, waarbij de verdeling wordt bepaald door de sturing op de gates van de FET's. Het stuursignaal komt via R9 op de linker gate van T9 terecht. De spanning op de rechter gate van T9 is nagenoeg gelijk aan die over R30 dus evenredig met de uitgangsstroom. Onder verwaarlozing van het verschil tussen beide gatespanningen kunnen we dus stellen dat de kollektorstroom van T7 nagenoeg evenredig is met de ingangs-stuurspanning op de linker gate.
Via R13 en D1 is een gelijkspanning van zo'n 1,4 V van de voedingsspanning afgeleid. Met P2 (P3) kan een gedeelte van die spanning bij het stuursignaal worden opgeteld, zodat zonder stuursignaal de eindtrap al een kleine voorspanning krijgt waarmee de cross-over-vervorming kan worden gereduceerd.

De praktijk

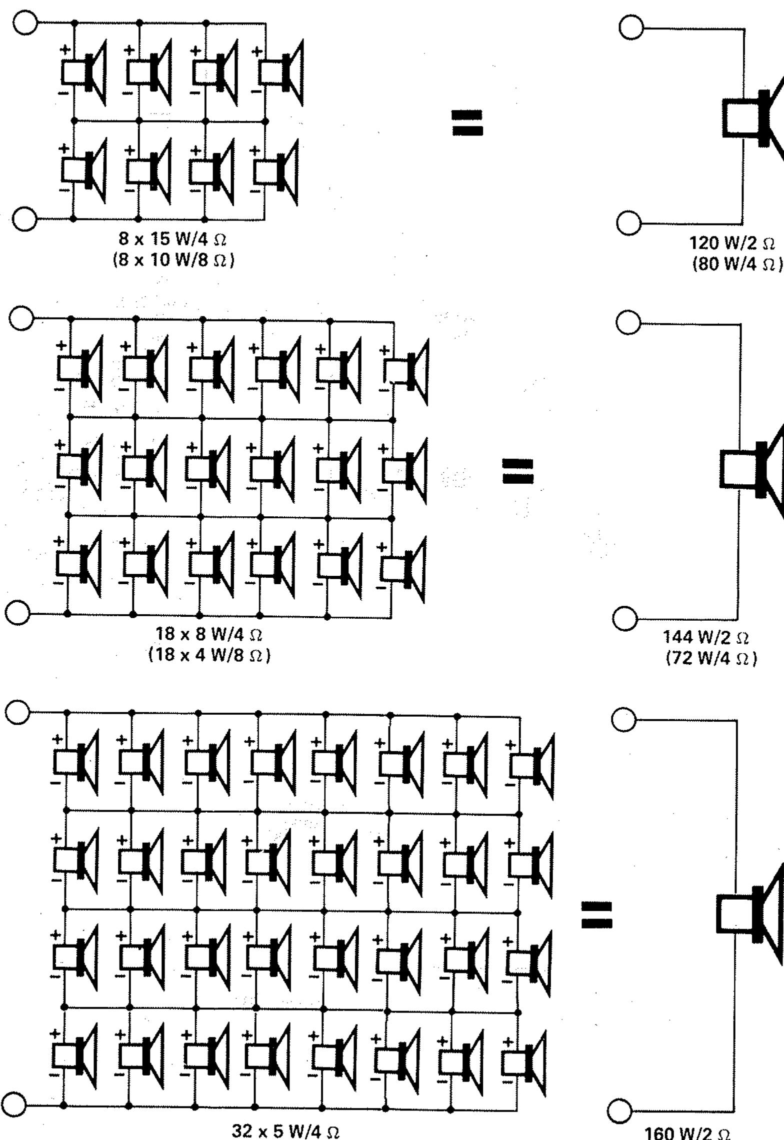
De printlayout en de komponentenopstelling zijn in figuur 3 te zien. De opbouw van de print zal geen problemen opleveren, maar de keuze van sommige komponenten hangt af van de te kiezen luidspreker-impedantie (m.a.w. het uitgangsvermogen). Zo moet voor T7/T8 bij 2 Ω belasting i.p.v. 2N3055 de duurdere 40411 worden gebruikt. De trafo moet minimaal geschikt zijn voor 4 A bij 4 Ω- en voor 8 A bij 2 Ω-belasting.
vermogen van R30/R31 afhankelijk van de belasting. Een 1 W-type is noodzakelijk bij 4 Ω terwijl voor 2 Ω een 5 W-type gekozen moet worden.
In alle gevallen moeten de aansluitingen van de primaire wikkeling van de trafo uitstekend geïsoleerd worden. Door de transformatieverhouding kunnen op die wikkeling namelijk ongezond hoge spanningen komen te staan.

Ten slotte

Zoals in het begin van dit artikel tot uitdrukking is gebracht moet bij de Stentor zeker niet op hifi eigenschappen



worden gerekend. De totale vervorming ligt in de grootte-orde van 10% maar die vervorming is van het minst agressieve type. De verstaanbaarheid van gesproken woord zal door deze soort vervorming nauwelijks worden aangetast (trouwens voor een megafoon is 10% vervorming zéér bescheiden!). Voor pop-orkesten is de Stentor weliswaar niet het neusje van de zalm, het oversturingsgedrag is echter veel vriendelijker dan van konventionele transistorversies van popmuziek-versterkers en de optredende vervorming geeft een eigen karakter aan het in ieder geval oorverdovende geluid. Zeker voor beginnende popmusici (new-Stentor-wave?), die meer waarde hechten aan een groot uitgangsvermogen ('deze nieuwe sound moet gehoord worden'), lage kostprijs en service-vriendelijkheid dan aan hifi-kwaliteit, zal de Stentor een grote steun zijn.



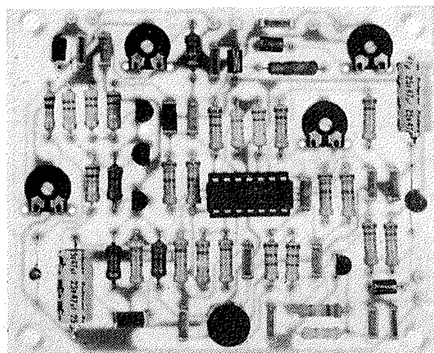
De laatste schakel

We hebben het nu wel uitgebreid gehad over de stembanden van de Stentor, maar hoe zit het eigenlijk met de mond? Hoe geef je de Stentor een grote mond, oftewel: welke luidsprekers moeten er worden gebruikt?
Luidsprekers inderdaad, want het is zinloos en onvoordelig om uit te gaan van één luidspreker, die het hele uitgangsvermogen van de Stentor in z'n dooie eentje moet verwerken. En kostbaar. Laat staan de problemen ten aanzien van de verkrijgbaarheid.
Nee, het moet en kan anders. Goedkoper èn met een hoger rendement. Elke, zichzelf en zijn omzet repekterende luidsprekerfirma heeft in zijn programma wel een of meerdere luidsprekers met een diameter van 5 à 7 inch, kosten 5 à 15 gulden, een verwerkingskapaciteit van 5 à 15 watt en bovendien misschien nog een verhoogde gevoeligheid (rendement) in het voor deze toepassing zo belangrijke frekwentiegebied tussen 150 Hz en een paar kilo-hertz. Door serie/parallel-kombinaties van een aantal van deze minder luide sprekertjes op de Stentor aan te sluiten gaat het ook goed. En meer dan dat: door de luidsprekers *dicht bijelkaar* op een klankbord of in een zuil-opstelling te monteren wordt door bundelings effekten een *gratis* rendementsverhoging verkregen. Wèl er goed op letten dat alle luidsprekers in onderling juiste fase zijn aangesloten. Dit kan men checken door een batterij kortstondig aan te sluiten op de twee aansluitklemmen van de luidspreker-kombinatie. Loopt er een luidspreker uit de pas, dan de aansluitingen verwisselen.
Een aantal mogelijke kombinaties is in de bijgaande figuur uitgewerkt.

assistentor

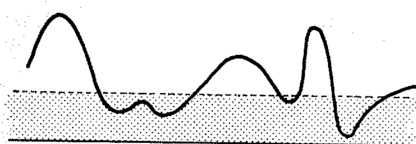
een hulpje voor de Stentor

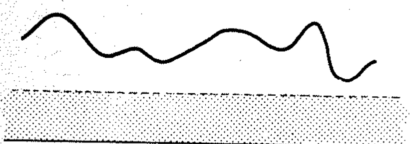
**Uitgebreide aandacht in deze Elektuur voor herrie en lawaai. De geluidstechniek wordt nu eens vanuit een totaal andere hoek bekeken: niet een zo natuurgetrouw mogelijk geluid is waar we op uit zijn, maar zo véél mogelijk!
De Stentor, elders in dit nummer, levert aan dit doel al een aardige bijdrage: veel vermogen uit een lage voedingsspanning, en gegarandeerd low-fi. Optimale mogelijkheden tot geluidsoverdracht ontstaan door de Stentor te voorzien van een knechtje, de Assistentor . . .**



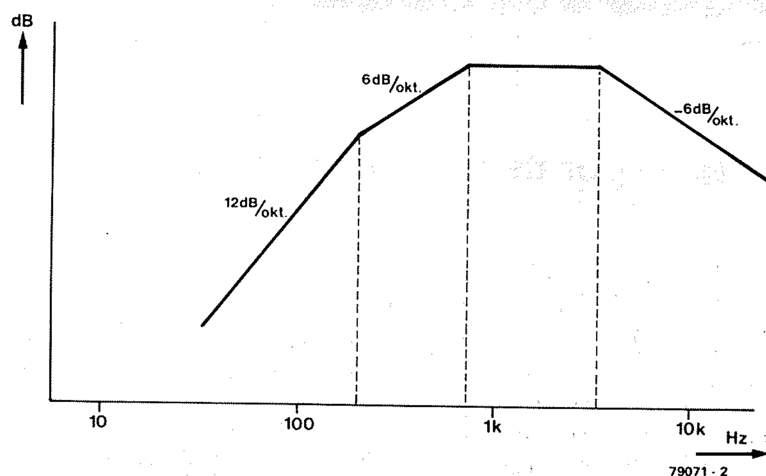
Er zijn omstandigheden waarbij je wilt dat de medemens je goed hoort. Te denken valt aan het karnavalsgekrakeel aan weerszijden van de Moerdijk, het bejubelen van favoriete voetbalclubs, demonstraties, omroepberichten in luidruchtige omgevingen en dergelijke.
De geluidstechnicus die zich voor dergelijke wensen geplaatst ziet, heeft bepaald andere uitgangspunten dan de hard-core hifi-man. Niet een rechte frekwentiekarakteristiek of een lage vervorming is zijn doel, hij zal daarentegen graag bereid zijn iets van deze op zich nobele doelen op te offeren ten behoeve van een grotere *verstaanbaarheid*. Het geluid dat hij wil weergeven hoeft niet natuurgetrouw te zijn, maar moet vooral herkenbaar en daarnaast *hard* en *doordringend* zijn.
Hoe bereik je nu dat bijvoorbeeld een weergegeven spraaksignaal zo verstaanbaar mogelijk is? Allereerst natuurlijk door zo hard mogelijk weer te geven. Dat is echter niet de enige maatregel die er te nemen is. Als je een spraaksignaal hard weergeeft, zullen de luide passages duidelijk doorkomen, terwijl de zachte passages die in ieder spraaksignaal voorkomen, blijven verdrinken in het achtergrondgeluid van voetbalstadion of karnavalsmeute en niet tot het publiek zullen doordringen. Wat we zullen moeten doen is deze zwakke passages méér versterken dan de luide. Het verschil tussen zwakke en luide passages moet kleiner gemaakt worden. Je kunt ook zeggen: de *dynamiek* van het spraaksignaal moet als het ware in elkaar worden gedrukt. Het procédé dat moet worden toegepast heet dan ook dynamiekkompressie. In figuur 1 is het in beeld gebracht.
Een apparaat dat deze dynamiekkompressie bewerkstelligt heet, weinig verrassend, dynamiekkompressor of, maar dit alleen als hij ontwikkeld is om de *Stentor* terzijde te staan, *Assistentor.*
De Assistentor beperkt zijn assistentie echter niet tot de dynamiekkompressie, maar komt ons ook nog op een andere manier te hulp. Het blijkt namelijk (zie de laatste literatuurverwijzing) dat de verstaanbaarheid van een gesproken signaal nog beter wordt, wanneer men niet slechts dynamiekkompressie toepast, maar bovendien een frekwentiekorrektie toepast. Zowel de lage als de hoge tonen uit het spektrum dienen daartoe te worden afgezwakt, en wel volgens de karakteristiek van figuur 2. Deze frekwentiekorrektie wordt ook in de Assistentor toegepast.
De werking van de Assistentor is gebaseerd op de gedaante van de diodekarakteristiek die, zoals bekend, niet lineair is. In figuur 3 is te zien hoe er van deze niet-lineaire karakteristiek gebruik gemaakt wordt om de komprimerende werking te bereiken. Het komt erop neer dat we een stroom door de diode sturen, die bestaat uit een gelijkstroomkomponent en een relatief klein wisselstroomgedeelte. Het gevolg van de niet-lineariteit van de diodekarakteristiek is dat de dynamische weerstand voor het wisselstroomgedeelte afhankelijk is van de grootte van de gelijkstroomkomponent. Anders gezegd: we kunnen de diode beschouwen als een stroomgestuurde weerstand voor kleine wisselstroomsignalen.
Met deze wetenschap is het blokschema van figuur 4 te begrijpen. Via een versterkerstrap komt het ingangssignaal, samen met de regelstroom I_C, terecht op de diodeschakeling. Het wisselspanningsgedeelte van de spanning die ten gevolge van de stroom over de diode ontstaat, wordt door een tweede versterkertrap versterkt en levert het uitgangssignaal van de schakeling. Van dit signaal wordt ook de regelstroom voor de diode afgeleid. Dit gebeurt door het signaal gelijk te richten en af te vlakken. Er is dus een regelkring ontstaan: als de ingangsspanning kleiner wordt, wordt de regelstroom voor de diode eveneens kleiner en is het resultaat dat de wisselstroomweerstand van de diode toeneemt. Het ingangssignaal komt dan meer versterkt op de uitgang van de Assistentor. Dynamiekverschillen in bijvoorbeeld gewone spraak, die normaal ca. 35 dB kunnen bedragen, worden op deze wijze teruggebracht tot niet meer dan 6 dB. Anders gezegd: de zwakste passages uit het spraaksignaal worden ca. 30 dB sterker

1

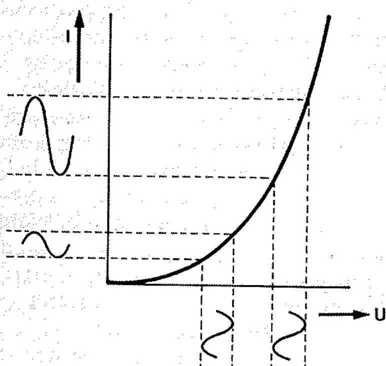

79071 1a


79071 1b

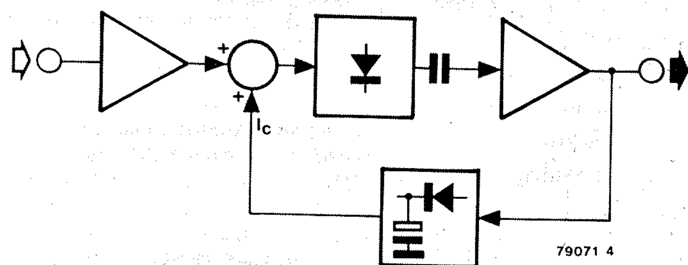
2


dB
6dB/okt.
-6dB/okt.
12dB/okt.
10
100
1k
10k
Hz
79071 - 2

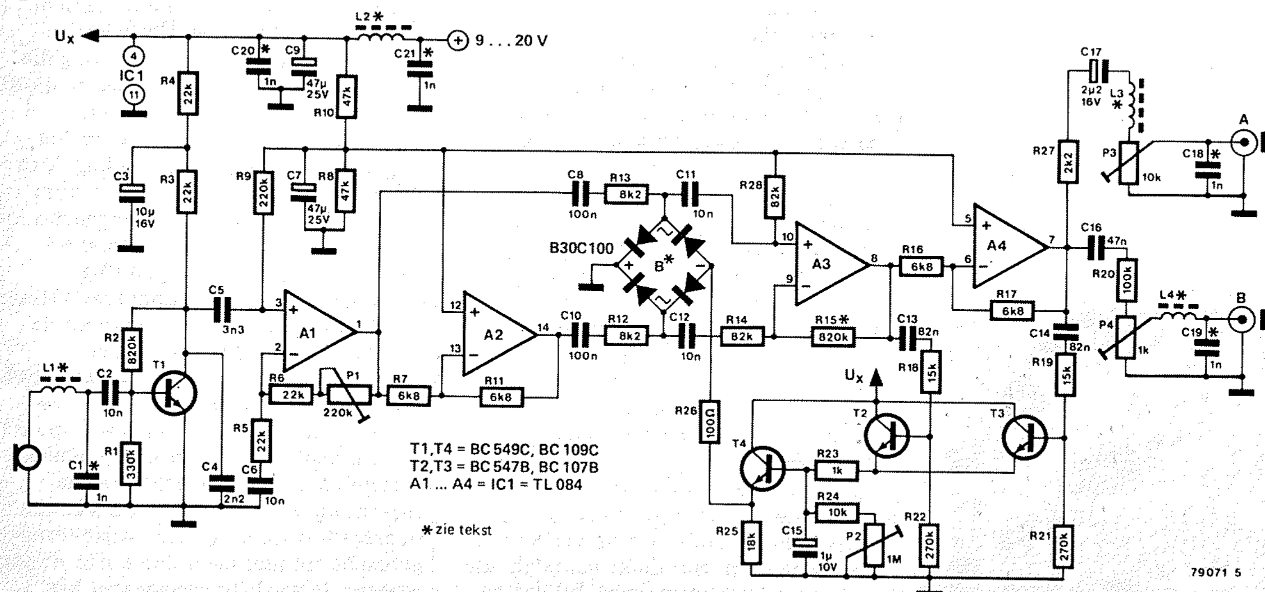
3

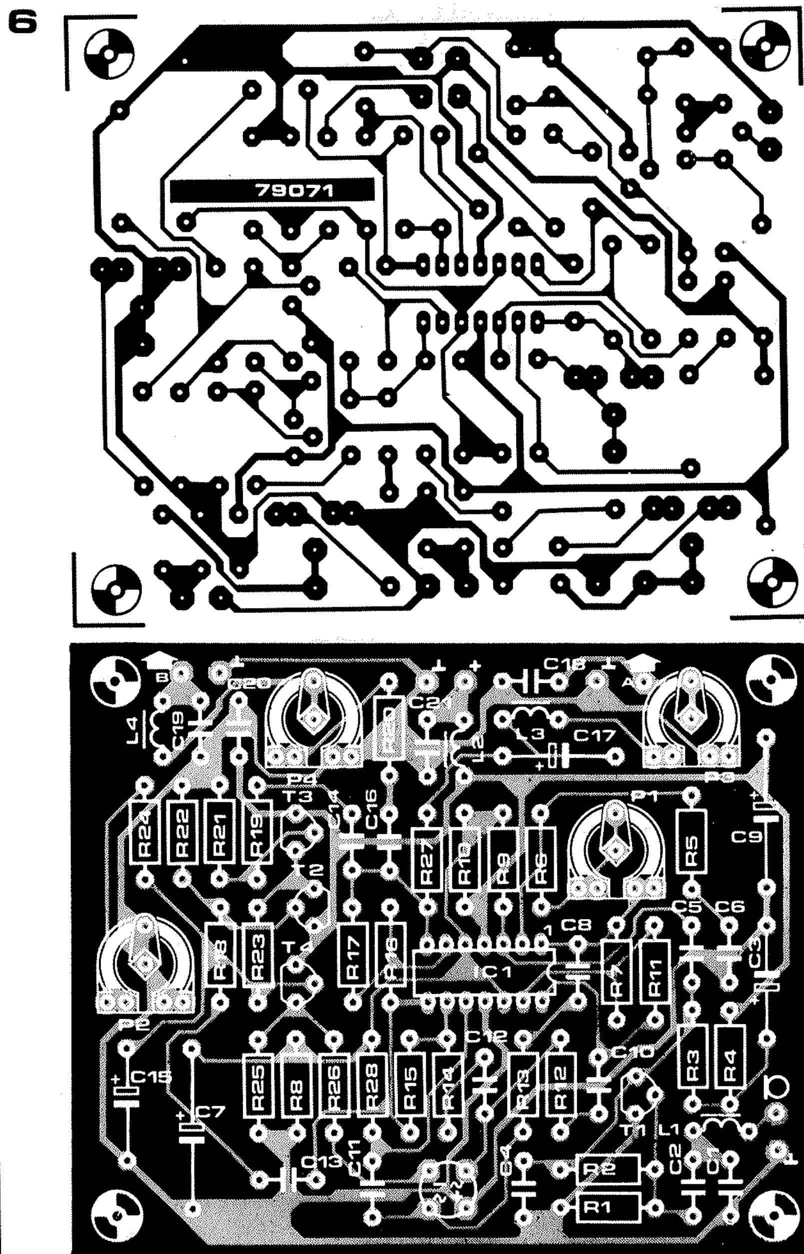

I
U
79071 3

4


+
+
Ic
79071 4

5


Ux
9 . . . 20 V
IC1
L2*
C20*
1n
C9
47µ
25V
C21*
1n
R4
22k
R10
47k
C3
10µ
16V
R3
22k
R9
220k
C7
47µ
25V
R8
47k
C8
100n
R13
8k2
C11
10n
R28
82k
C17
2µ2
16V
L3*
R27
2k2
P3
10k
C18*
1n
A
B30C100
B*
C5
3n3
A1
A2
A3
A4
R16
6k8
C16
47n
R20
100k
R2
820k
C10
100n
R12
8k2
C12
10n
R14
82k
R15*
820k
C13
82n
R17
6k8
C14
82n
L4*
P4
1k
C19*
1n
B
L1*
C2
10n
T1
R6
22k
P1
220k
R7
6k8
R11
6k8
R18
15k
R19
15k
Ux
T2
T3
R26
100Ω
C1*
1n
R1
330k
R5
22k
C4
2n2
C6
10n
T4
R23
1k
R24
10k
T1,T4 = BC 549C, BC 109C
T2,T3 = BC 547B, BC 107B
A1 ... A4 = IC1 = TL 084
* zie tekst
R25
18k
C15
1µ
10V
P2
1M
R22
270k
R21
270k
79071 5



Figuur 1. In een luidruchtige omgeving zullen de zwakke passages van een weergegeven spraaksignaal niet boven het omgevingsgerucht uitkomen en dus niet te onderscheiden zijn. Figuur 1a. illustreert dit aan de hand van de getekende omhullende van een spraaksignaal en het gearceerde omgevingsgerucht. In figuur 1b zien we wat er gebeurt wanneer we dynamiekkompressie toepassen: alle passages van het spraaksignaal komen boven het omgevingsgerucht uit, terwijl de luidste passages niet sterker zijn dan ze al waren.

Figuur 2. De verstaanbaarheid van een spraaksignaal wordt nog beter wanneer we behalve dynamiekkompressie ook nog bepaalde frekwenties afzwakken. Proefondervindelijk is vastgesteld dat een weergavekarakteristiek als deze tot optimale resultaten leidt.

Figuur 3. Dynamiekkompressie kan worden verwezenlijkt door gebruik te maken van de niet-lineaire U-I-karakteristiek van een diode. De verzwakking van een signaal is afhankelijk van de gelijkspanning over de diode.

Figuur 4. Blokschema van de Assistentor.

Figuur 5. Het gedetailleerde schema. De diodeverzwakker is niet opgebouwd met één diode, maar met vier in een brug geschakelde dioden. Op die manier wordt de vervorming sterk gereduceerd.

Figuur 6. Print en komponentenopstelling. Er dienen uitgebreide maatregelen tegen eventuele hoogfrekwent instraling te worden genomen — zie tekst.

weergegeven, zonder dat de luidste passages op enigerlei wijze aangetast worden.

We treden in details

Een uitgewerkt schema van de Assistentor is afgebeeld in figuur 5. Op het eerste gezicht valt al op dat de stroomgeregelde weerstand niet bestaat uit één diode, maar uit vier in een brug geschakelde dioden. Op die manier is de schakeling waarin de verzwakking plaatsvindt geheel symmetrisch geworden, hetgeen de vervorming aanzienlijk reduceert. Door voor deze vier dioden bovendien zoveel mogelijk identieke exemplaren te gebruiken, is de symmetrische behandeling van het signaal optimaal. Het gemakkelijkst is deze onderlinge gelijkheid van de vier dioden te bereiken door gebruik te maken van een monolytische brugcel (zoals die voor gewone voedingsgelijkrichtschakelingen wordt toegepast).

Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1 = 330 k
R2 = 820 k
R3 . . . R6 = 22 k
R7,R11,R16,R17 = 6k8
R8,R10 = 47 k
R9 = 220 k
R12,R13 = 8k2
R14,R28 = 82 k
R15 = 820 k (zie tekst)
R18,R19 = 15 k
R20 = 100 k
R21,R22 = 270 k
R23 = 1 k
R24 = 10 k
R25 = 18 k
R26 = 100 Ω
R27 = 2k2
P1 = instelpotmeter 220 k
P2 = instelpotmeter 1 M
P3 = instelpotmeter 10 k
P4 = instelpotmeter 1 k

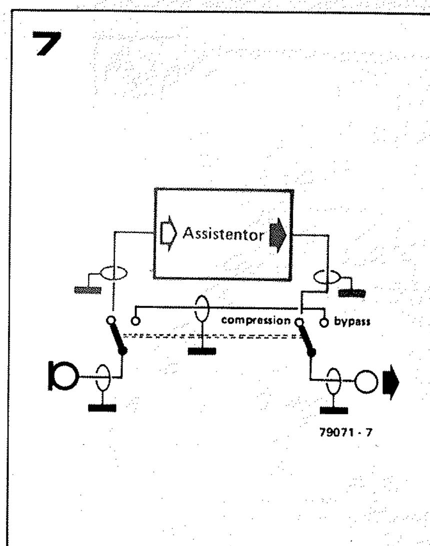
Kondensatoren:
C1,C18 . . . C21 = 1 n (zie tekst)
C2,C6,C11,C12 = 10 n
C3 = 10 μ/16 V
C4 = 2n2
C5 = 3n3
C7,C9 = 47 μ/25 V
C8,C10 = 100 n
C13,C14 = 82 n
C15 = 1 μ/10 V
C16 = 47 n
C17 = 2μ2/16 V

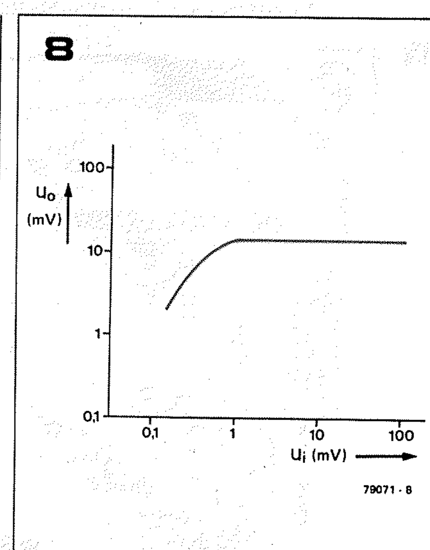
Halfgeleiders:
T1,T4 = BC 549C, BC 109C
T2,T3 = BC 547B, BC 107B
IC1 = TL 084
B1 = brugcel B30C100 (zie tekst)

Diversen:
L1 . . . L4 = ferrietkraal
(zie tekst)

Figuur 7. In enkele toepassingen is het handig om de Assistentor te voorzien van een bypass-schakelaar. Deze figuur toont hoe deze schakelaar aangesloten kan worden.

Figuur 8. De uitgangsspanning u_o op uitgang B als funktie van de ingangsspanning u_i, bij maximale versterking (P1 maximaal). Men ziet dat de dynamiekkompressie al ten volle werkt bij een ingangsspanning van slechts 1 mV.





Alvorens het signaal aan de diodeverzwakker toe te voeren wordt het aanzienlijk versterkt met behulp van T1 en A1. Deze versterking is instelbaar met P1. A2 dient als fasedraaier, zodat het versterkte signaal symmetrische vorm (in fase en in tegenfase) aan de diodeverzwakker kan worden toegevoerd. Een soortgelijke konfiguratie treft men aan na de diodeverzwakker: A3 versterkt het gekomprimeerde signaal, terwijl A4 weer als fasedraaier fungeert. Zodoende is ook het gekomprimeerde signaal in symmetrische vorm beschikbaar. Dit maakt dubbelfasige gelijkrichting voor het verkrijgen van de regelstroom mogelijk. Deze gelijkrichting vindt plaats met de transistoren T2 en T3. Afvlakking vindt plaats met kondensator C15. Het regelsignaal voor de diodeverzwakker is beschikbaar op de emitter van T4. Met instelpotmeter P2 is de tijdkonstante van de afvlakking in te stellen; deze tijdkonstante bepaalt de snelheid waarmee de kompressie in- en uitregelt.

De Assistentor is voorzien van twee uitgangen. Het verschil zit in het nivo van de spanningen. Uitgang A levert een grotere uitgangsspanning dan Uitgang B en is bedoeld voor gebruik met de Stentor of een andere eindversterker. Uitgang B levert een signaal op mikrofoonnivo. Dit signaal is bedoeld om te worden toegevoerd aan de mikrofooningang van bijvoorbeeld een walkie-talkie, een interkom en dergelijke. Beide uitgangssignalen zijn regelbaar met behulp van respektievelijk instelpotmeter P3 en P4.

Omdat er in de schakeling een nogal grote versterking plaatsvindt (tot ca. 86 dB) is de schakeling op zich nogal gevoelig voor allerlei vormen van hoogfrekwent instraling (radio-ontvangst). Vandaar dat de in- en uitgangen en de voedingslijn voor hoogfrekwentsignalen ontkoppeld zijn met behulp van de ferrietkraaltjes L1 . . . L4 en enkele 1 n-kondensatoren (C1, C18 . . . C21). Met name is deze ontkoppeling van belang indien de schakeling gebruikt wordt in de nabije omgeving van hoogfrekwentapparatuur (zenders en ontvangers). In uitzonderingsgevallen, wanneer er gegarandeerd geen hoogfrekwentstralers in de buurt zijn, kunnen deze ontkoppelingen eventueel vervallen. Wanneer men Assistentor + Stentor samen als mobiele schreeuwlelijk wil gebruiken, kan men er het beste op rekenen dat de kombinatie wel eens in de buurt van hoogfrekwent stoorbronnen toegepast zal worden en dan moet men de ferrietkraaltjes en kondensatoren in elk geval aanbrengen.

Bouw en gebruik

De print voor de Assistentor is afgebeeld in figuur 6. Voor wat betreft het al dan niet aanbrengen van de komponenten voor de hoogfrekwentontkoppeling wordt verwezen naar hetgeen hiervoor opgemerkt is. De ferrietkraaltjes L1 . . . L4 zijn op de komponentenopstelling van de print aangegeven als spoeltje. De vereiste zelfinduktie wordt bereikt door een draadbrugje te maken van geïsoleerd draad en dit draadbrugje een aantal malen door een ferrietkraaltje te steken, zodat een spoeltje met drie à vier windingen ontstaat.

Voor de brugcel B1 komt in principe ieder type in aanmerking. Wel is het aan te raden een niet al te zwaar type te nemen, dus liever een 100 mA-exemplaar dan een kanjer voor meerdere ampères. In het schema en in de onderdelenlijst wordt het type B30C100 genoemd. Men moet dit dus opvatten als een richtwaarde, waarvan gerust afgeweken mag worden.

De gevoeligheid van de schakeling is instelbaar met behulp van instelpotmeter P1. Mocht men een gevoeligheid wensen die buiten het regelgebied van deze potmeter valt, dan is een extra korrektie mogelijk door de weerstand R15 te wijzigen. Een hogere waarde van deze weerstand resulteert in een grotere gevoeligheid (en tevens in grotere signalen op de beide uitgangen). De tijdkonstante (zeg maar: snelheid) van de dynamiekkompressie is instelbaar met P2.

Het gebruik van de Assistentor beperkt zich niet tot de samenwerking met de Stentor of een andere veel-volume-weinig-hifi-versterker, teneinde zoveel mogelijk mensen te kunnen beschreeuwen. Eigenlijk kan de Assistentor overal ingezet worden waar sterk wisselende signaalnivo's moeten leiden tot minder sterk wisselende elektrische signalen (en waar aan de geluidskwaliteit geen al te hoge eisen worden gesteld). Toepassingen waaraan dan direkt gedacht wordt liggen op het vlak van interkom- en omroepinstallaties in luidruchtige omgevingen. Ook bij een babyfoon kan de Assistentor te pas komen. Niet in de laatste plaats is het zinvol amateurzendinstallaties uit te rusten met een Assistentor. Deze zullen daardoor bij hetzelfde zendervermogen een groter bereik hebben; er wordt als het ware ekonomischer met het beschikbare vermogen omgesprongen. Als laatste toepassingsmogelijkheid noemen we hier die van automatische sterkteregeling voor een diktafoon.

Figuur 7 toont de wijze waarop de Assistentor voorzien kan worden van een schakelaar waarmee de schakeling in- en uitgeschakeld kan worden. Vooral in kombinatie met zendapparatuur is een dergelijke omschakelaar eigenlijk onmisbaar. Figuur 8 tenslotte is de overdrachtskarakteristiek van de Assistentor bij maximale gevoeligheid (P1 maximaal). Weergegeven is de spanning op uitgang B (u_o) bij verschillende ingangsspanningen u_i. De gevoeligheid van de schakeling blijkt wel uit het feit dat volledige kompressie al plaats vindt bij een ingangsspanning van niet meer dan 1 mV.

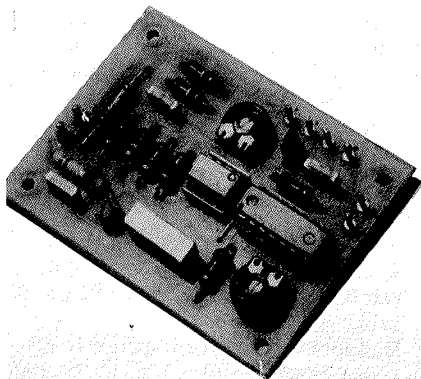
Literatuur:

DNK. Elektuur 131, juni 1974, p. 641. Over een aantal verschillende metoden om dynamiekkompressie te bewerkstelligen.
Hifi dynamiekkompressor. Elektuur 158, december 1976, p. 12-24. Beschrijving van een soortgelijke schakeling.
Geluidsweergave in luidruchtige omgevingen. Elektuur 176, juni 1978, p. 6-22.

klap-flipflop

elektronica als gehoorzame dienaar

Stelt U zich eens voor: U zit gezellig met bezoek, en langzaam begint het te schemeren. U klapt in de handen en . . . het licht gaat aan! Toppunt van luiheid weliswaar, maar tevens een zeer imponerende demonstratie van de 'magische' mogelijkheden van de elektronica. Dit sensatie-effekt ligt nu letterlijk binnen handbereik: de hier beschreven 'klap-flipflop' is eenvoudig en goedkoop.



Er zijn heel wat leuke toepassingen te bedenken voor een schakelaar die op kommando van een klap in de handen iets aan- of uitschakelt. Voor de hier beschreven 'klap-flipflop' is een ongebruikelijke opzet gekozen, met als resultaat een zeer betrouwbare èn gevoelige schakelaar.
Door de meeste klapschakelaars wordt een klap in de handen alleen maar gezien als een korte, harde geluidstrilling. Dit signaal wordt door een mikrofoon opgepikt en met behulp van een trigger-schakeling tot een nette schakelpuls gemaakt. Deze opzet heeft een groot nadeel: ook alle andere plotseling optredende harde geluiden kunnen de klapschakelaar bedienen.
Men kan het door een klap in de handen voortgebrachte geluid echter ook op een andere manier bekijken; behalve een hoge amplitude bezit zo'n 'akoestische puls' namelijk nog een ander kenmerk, en wel een zeer korte stijgtijd. Het ultrasone deel van het door klappen in de handen veroorzaakte spektrum kan dan ook uitstekend worden gedetekteerd.
En een ultrasoon-gevoelige schakelaar heeft uiteraard het voordeel een beter onderscheid te geven ten opzichte van andere geluiden. Het aantal geluiden waarop wordt gereageerd is bij een dergelijke schakelaar dus veel geringer dan bij een 'gewone' klapschakelaar; uitsluitend geluiden met een behoorlijke inhoud aan ultrasoon (zoals bijvoorbeeld luid gerammel met een sleutelbos) zijn, naast klappen in de handen, in staat zo'n klapschakelaar te aktiveren.

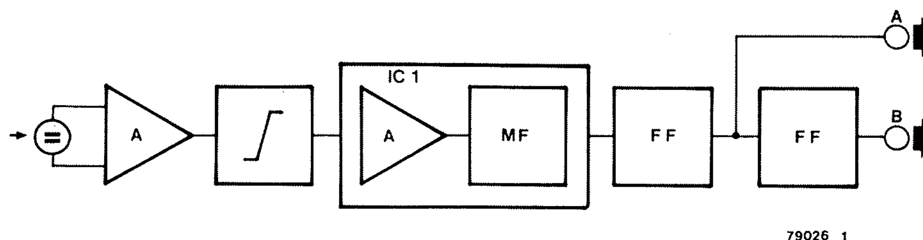
Opzet

In figuur 1 is het blokschema van de ultrasone klapschakelaar afgebeeld. De door de klap in de handen geproduceerde ultrasone trillingen worden, zoals te zien, opgepikt met behulp van een ultrasoon-transducer. Na te zijn versterkt en gefilterd komt het signaal terecht bij een gevoelige opamp-monoflop, die van dit slechts enkele millivolts groot signaaltje een impuls maakt die snel genoeg is om een flipflop te sturen. Omdat er toch twee flipflops in één IC zitten, wordt de flipflop gevolgd door een tweede exemplaar, dat dus om de *twee* klappen een impuls afgeeft. Dit voor het geval men een soort van 'kode' wil voor het bedienen van de schakelaar (twee keer klappen om bijv. het licht aan te doen) of wanneer men er nog wat zekerder van wil zijn dat bijv. de door de klapschakelaar bediende verlichting niet op een zeer ongewenst moment aan- of uitgeschakeld wordt bij het eerste het beste toevallige ultrasoon-bevattende harde geluid.

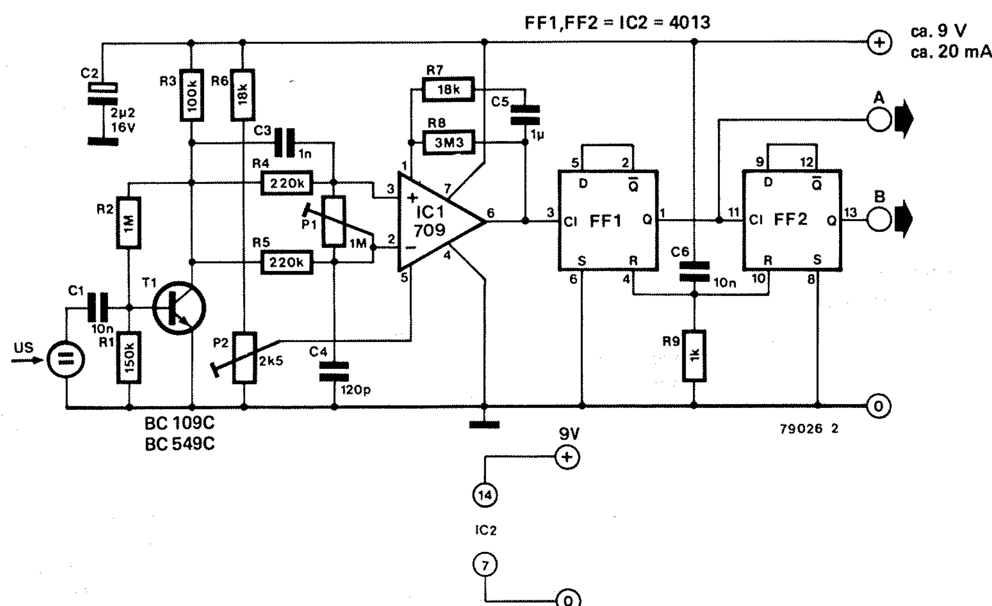
Schema

Als opnemer doet een ultrasoon-transducer dienst. Hiervoor zijn alle in de handel zijnde typen bruikbaar, de ultrasoon-gevoelige elektret-mikrofoons (AKG, Sennheiser) inkluis.
Zoals te zien in het schema van figuur 2 is de ingangsversterker met een BC109C (T1) uitgerust. De komponenten C3, C4, R4 en R5 vormen een passief hoog doorlaatfilter. Behalve als versterkend element doet de opamp (IC1) tevens dienst als monoflop. Hoewel in plaats van de aangegeven 709 in principe ook een 741 bruikbaar is, vermindert dan de gevoeligheid van de schakeling in niet onaanzienlijke mate.
De met gangbare kondensatoren (1 μF als grootste waarde in de MKM- of MKH-reeks) te realiseren maximale mono-floptijd bedraagt ca. 70 millisekonden. En met deze tijd als gegeven blijkt nog een tweede voordeel van de ultrasone aanpak van deze schakeling: bij een 'gewone' klapschakelaar gebeurt het vaak dat de schakeling eerst reageert op de klap in de handen en vervolgens nog een keer schakelt door de even later optredende galm die dikwijls pas na het verstrijken van de monofloptijd bij de mikrofoon arriveert. Aangezien de galmtijd voor het ultrasone deel van het spektrum echter veel korter is dan voor het binnen het hoorbare gebied liggende gedeelte, valt bij deze schakelaar de galm nagenoeg altijd binnen de monofloptijd, zodat ongewenste hertriggering nauwelijks voorkomt.
Over de beide flipflops die achter de monoflop zijn geschakeld kunnen we kort zijn: gewone huis-tuin-en-keuken flipflops, waarvan er twee stuks in een 4013-IC zitten.

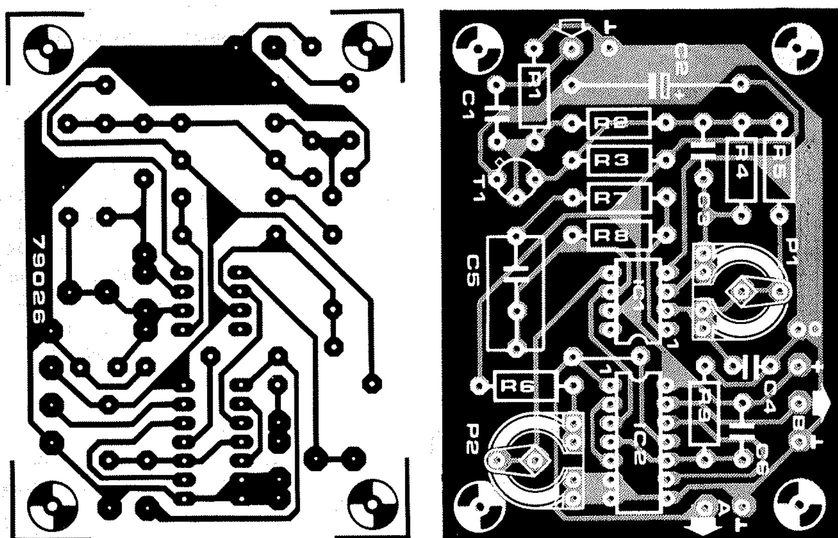
1



2



3

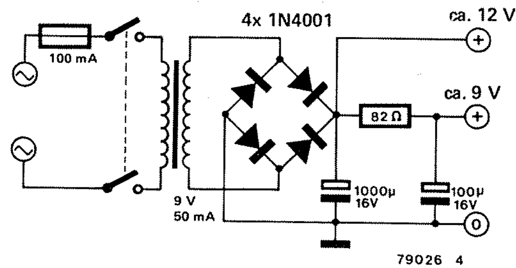


Bouw en afregeling

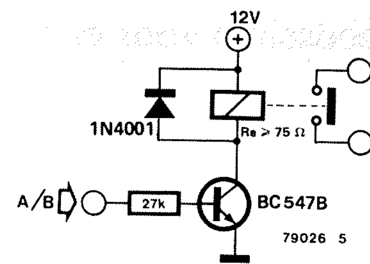
Voor wat betreft de bouw volstaat een verwijzing naar de in figuur 3 afgebeelde print. De afmetingen hiervan zijn niet bepaald groot, zodat de schakeling bijvoorbeeld gemakkelijk kan worden ingebouwd bij een bestaand apparaat dat men alsnog wil voorzien van een 'klapschakel-inrichting'.
De stroomopname is met ca. 20 mA laag genoeg om batterijvoeding toe te passen. Wil men de schakeling uit het net voeden, dan kan gebruikt gemaakt worden van een ongestabiliseerde voeding volgens figuur 3. De voeding dient wel goed te worden afgeschermd van de schakeling, teneinde de nadelige invloed van netstoring zoveel mogelijk te elimineren. Figuur 4 geeft aan hoe men via de A- of B-uitgang d.m.v. een relais de verlichting o.i.d. kan schakelen.
Alvorens de klapschakelaar in gebruik wordt genomen, moet hij eerst worden afgeregeld. Moeilijk is dat echter niet:

1. Na het aansluiten van de voedingsspanning wordt de uitgang (pen 6) van IC1 met instelpotmeter P2 op '0' gebracht.
2. De loper van P1 wordt geheel in de

4



5



onderdelenlijst bij figuur 2:

Weerstanden:

R1 = 150K
R2 = 1M
R3 = 100K
R4, R5 = 220K
R6, R7 = 18K
R8 = 3M3
R9 = 1K

Kondensatoren:

C1, C6 = 10n
C2 = 2µ2/16V
C3 = 1n
C4 = 120p
C5 = 1µ (MKM)

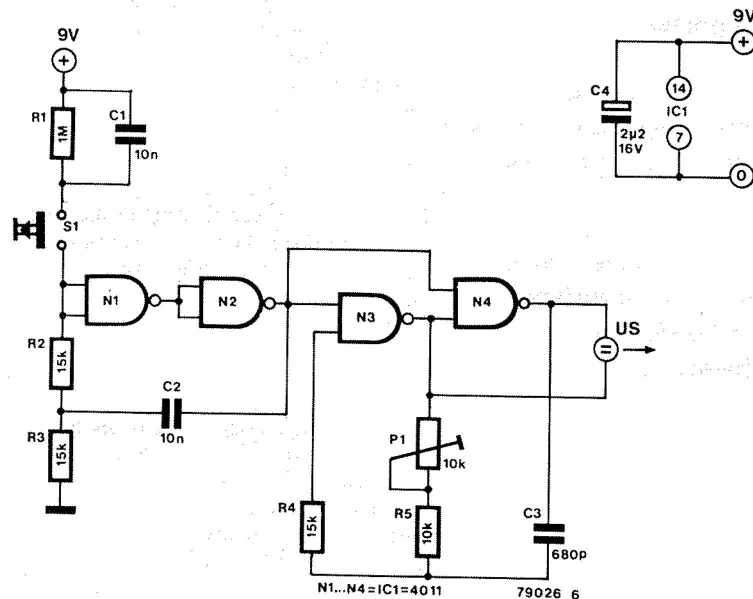
Halfgeleiders:

T1 = BC 109C, BC 549C
IC1 = 709 (Min I DIP)
IC2 = 4013

Diversen:

P1 = 1M instelpot.
P2 = 2k5 instelpot.
u.s.-transducer (zie tekst)

6



Figuur 1. Het blokschema van de klapschakelaar. De versterkende monoflop (IC1) vormt het door de transducer opgepikte en daarna versterkte en gefilterde signaaltje om tot een puls waarmee een flipflop kan worden gestuurd.

Figuur 2. Het schema. Voor de monoflop is een goedkope opamp van het type 709 gebruikt.

Figuur 3. Print en komponentenopstelling van de klapschakelaar.

Figuur 4. Een eenvoudig schema van een voeding, waarmee de klap-flipflop gevoed kan worden. Om de nadelige invloed van netstoring zoveel mogelijk te elimineren, dient de voeding d.m.v. elektrisch geleidende plaatjes (stukjes printplaat) afgeschermd te worden. Deze afscherming dient deugdelijk met massa te worden verbonden.

Figuur 5. Dit schema laat zien hoe men via de A- of B-uitgang d.m.v. een relais de verlichting o.i.d. kan schakelen.

Figuur 6. Schema van een ultrasone 'klapper', met behulp waarvan de klapschakelaar tot op een afstand van zo'n 15 meter te bedienen is.

richting van R5 gedraaid, waarmee de schakeling op maximale gevoeligheid staat ingesteld.

3. Nu wordt de gevoeligheid zóver teruggebracht dat de schakeling nog nèt reageert op een klap in de handen, maar niet op zachtere geluiden; daartoe wordt eerst de triggerdrempel verhoogd door P2 wat verder te draaien dan voor een '1' op de uitgang van IC1 noodzakelijk is en vervolgens regelt men P1 op de gewenste gevoeligheid af.

Klapper

Voor degenen die hun klapschakelaar nog wat meer allure willen geven, biedt figuur 6 een leuke aanvulling. Deze in hoofdzaak uit één 4011-IC en een ultrasoon-transducer bestaande schakeling vormt een ultrasone 'klapper', die bij een druk op de knop een signaal produceert waarop de schakelaar reageert. De afstand waarop men de klapschakelaar kan bedienen is bij gebruik van deze klapper aanzienlijk groter; met klappen in de handen haalt men zo'n 5 à 6 meter, terwijl met dit apparaatje (als men het op de klapschakelaar richt) afstanden van ca. 15 meter zijn te overbruggen.

De klapper — in wezen dus een miniatuur ultrasoon zendertje — bestaat uit een geschakelde multivibrator (N3/N4) op een frekwentie van ongeveer 30 kHz, welke uitsluitend oscilleert op kommando van de ervoorgeschakelde monoflop N1/N2. Bij elke druk op S1 stuurt de transducer daardoor een ca. 5 millisekonden durende burst de lucht in met een frekwentie van ongeveer 30 kHz.

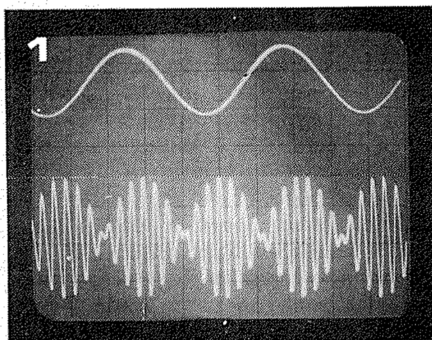
De klapper is een schakelingetje dat zich bij uitstek leent voor verregaande miniaturisatie. In de eerste plaats door het geringe aantal komponenten en in de tweede plaats omdat de zeer bescheiden stroomopname (ca. 100 µA) het mogelijk maakt om enkele in serie geschakelde knoopcelletjes voor de voeding te gebruiken.

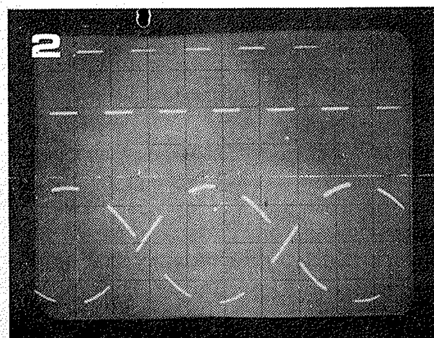
De frekwentie van de AMV is met P1 instelbaar. Dit kan het beste gebeuren in kombinatie met de klapschakelaar; de beste stand voor P1 is die waarbij de gevoeligheid van de klapschakelaar het grootst is. ◼

ringmodulator

gereedschap voor experimenterende musici

De ringmodulator is een schakeling uit de kommunikatietechniek. De oorspronkelijke ringmodulator wordt voor verschillende modulatie- en detektietechnieken gebruikt. Niet alleen daar echter blijkt de ringmodulator goede diensten te bewijzen. Al snel werd hij ook 'ontdekt' door een geheel andere groep van elektronici: degenen die zich bezighouden met elektronische muziek.





De ringmodulator is een voorbeeld van een *vierkwadrantenvermenigvuldiger*. Zo'n schakeling doet wat de naam al aangeeft: het vermenigvuldigen van twee ingangsspanningen. De toevoeging 'vierkwadranten' wil dan zoveel zeggen als: de beide ingangsspanningen mogen zowel positieve als negatieve waarden aannemen, terwijl de vermenigvuldiging korrekt blijft. De uitgangsspanning kan dus, volgens bekende motto's als 'min maal min is plus' en 'min maal plus is min', óók zowel positieve als negatieve waarden aannemen. De met behulp van de Elektuur ringmodulator gemaakte oscilloskoopfoto's van figuur 1 en 2 geven een indruk van wat een dergelijke schakeling doet.
Waarom is de ringmodulator nu zo interessant voor toepassing in de elektronische muziek?
Dat kunnen we zien aan de wiskundige betrekking die te maken heeft met het produkt van twee sinussen:

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \\ = \tfrac{1}{2} \cos (\alpha - \beta) - \tfrac{1}{2} \cos (\alpha + \beta)$$

Deze betrekking vormt de weerslag van een heel interessant verschijnsel: vermenigvuldig twee sinusvormige signalen met elkaar en er ontstaan twee sinusvormige signalen met frekwenties die respektievelijk de som en het verschil van de twee oorspronkelijke signalen zijn (de 'cos', of cosinus is ook een sinusvormig signaal). Of, in meer muzikale termen uitgedrukt: twee sinustonen met elkaar vermenigvuldigd, leveren twee nieuwe sinustonen op, met toonhoogten die respektievelijk de som en het verschil zijn van de twee oorspronkelijke toonhoogten. Let wel: dit geldt voor *sinustonen*, en niet zonder meer voor signalen met een andere golfvorm. Hoe die zich gedragen, zullen we zo dadelijk zien. Wèl geldt een dergelijk gedrag voor *kombinaties* van sinustonen. Stel bijvoorbeeld, dat we een kombinatie van twee sinustonen zouden vermenigvuldigen met één andere sinustoon. Elk van de twee sinustonen uit de kombinatie zou dan zijn 'eigen' som- en verschiltonen opleveren.

Andere harmonie

De ringmodulator is vooral interessant omdat hij *ingrijpt in het harmonische verband tussen tonen*. We laten dit zien met behulp van een getallenvoorbeeld. Stel dat we aan een van de ingangen van een ringmodulator twee sinustonen toevoeren met frekwenties van respektievelijk 2,5 kHz en 4,5 kHz. Deze tonen verhouden zich bij benadering als een zogenaamde verlaagde sept, want hun frekwenties verhouden zich als 5 : 9 (de tonen zijn wel wat aan de overdreven hoge kant, maar het gaat hier slechts om een voorbeeld). Aan de andere ingang van de ringmodulator voeren we vervolgens een sinustoon toe met een frekwentie van 500 Hz. Wat onstaat er nu aan de uitgang van de ringmodulator?
De toon van 2,5 kHz, vermenigvuldigd met die van 500 Hz levert twee nieuwe tonen op van respektievelijk 2 kHz en 3 kHz. Op dezelfde manier ontstaan er uit de vermenigvuldiging van de toon van 4,5 kHz met de 500 Hz-toon nieuwe tonen van 4 kHz en 5 kHz. Aan de uitgang van de ringmodulator staan dus vier tonen met frekwenties van 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz en 5 kHz; samen vormen deze een majeurakkoord. Kortom: het muzikale verband van de verlaagde sept is omgezet in een ander muzikaal verband, dat van het majeurakkoord.
Deze beschrijving is een wat al te feestelijke voorstelling van zaken. Het zal namelijk maar heel weinig voorkomen, dat muzikaal verantwoorde tonen aan de ingangen van een ringmodulator aan de uitgang óók muzikaal aanvaardbare klanken opleveren. Het zojuist gegeven voorbeeld geeft eerder een uitzonderingssituatie weer. Vaker zal het voorkomen dat de aan de uitgang van een ringmodulator verschijnende tonen in harmonisch opzicht een, op zijn zachtst gezegd, nogal ongebruikelijke samenklank laten horen. Nog duidelijker wordt dat, wanneer we niet, zoals in het gegeven voorbeeld, werken met sinusvormige signalen, maar met andere. Het zal bekend zijn dat andere dan sinusvormige periodieke signalen beschouwd kunnen worden als samengesteld uit een sinusvormige grondtoon met de frekwentie van het

beschouwde signaal, en een aantal harmonischen daarvan; sinussen met frekwenties die elk een veelvoud zijn van de grondtoonfrekwentie.
Zo is een zaagtandvormig signaal van bijvoorbeeld 1 kHz opgebouwd uit sinussen van 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz etc. Voeren we een dergelijke zaagtand toe aan de ene ingang van een ringmodulator, en aan de andere ingang een sinus van bijvoorbeeld 300 Hz, dan wordt iedere harmonische met de 300 Hz-sinus vermenigvuldigd. Aan de uitgang ontstaan dan tonen met frekwenties van 0,7 kHz, 1,3 kHz, 1,7 kHz, 2,3 kHz, 2,7 kHz, 3,3 kHz etc. Oftewel: de twee tonen, de zaagtand van 1 kHz en de sinus van 300 Hz, leveren door middel van de ringmodulator een hele reeks tonen op, die geen eenvoudig harmonisch verband met elkaar hebben. In de muziek wordt een dergelijke kombinatie van tonen wel een *cluster* (letterlijk: groep, zwerm) genoemd, een samenklank van een wezenlijk andere soort dan bijvoorbeeld een akkoord.

Nog vreemdere klanken

De cluster uit het gegeven voorbeeld wordt nog dichter, wanneer we voor de toon van 300 Hz geen sinus, maar ook een zaagtand zouden gebruiken. Het is bijna onvoorstelbaar, maar alleen al aan de lage kant van het spektrum ontstaan onder andere (!) tonen met de volgende

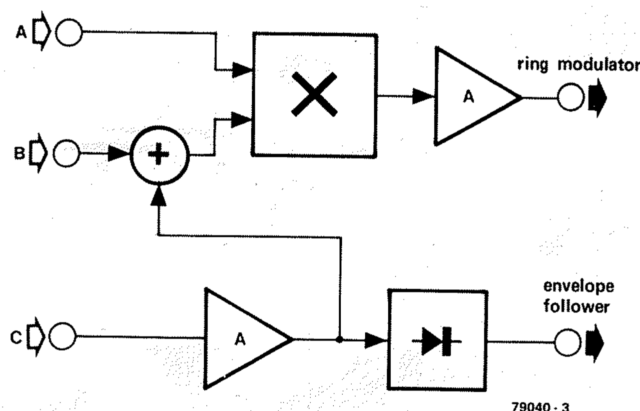
Figuur 1. De ringmodulator vermenigvuldigt twee signalen met elkaar. De sinus van het bovenste spoor levert, vermenigvuldigd met een veel hoogfrekwenter sinussignaal, het typische ringmodulatorsignaal van het onderste spoor op.

Figuur 2. Nog een voorbeeld van de werking van een ringmodulator. Hier worden een blokspanning (bovenste spoor) en een sinus met elkaar vermenigvuldigd. Het resultaat ziet men op het onderste spoor.

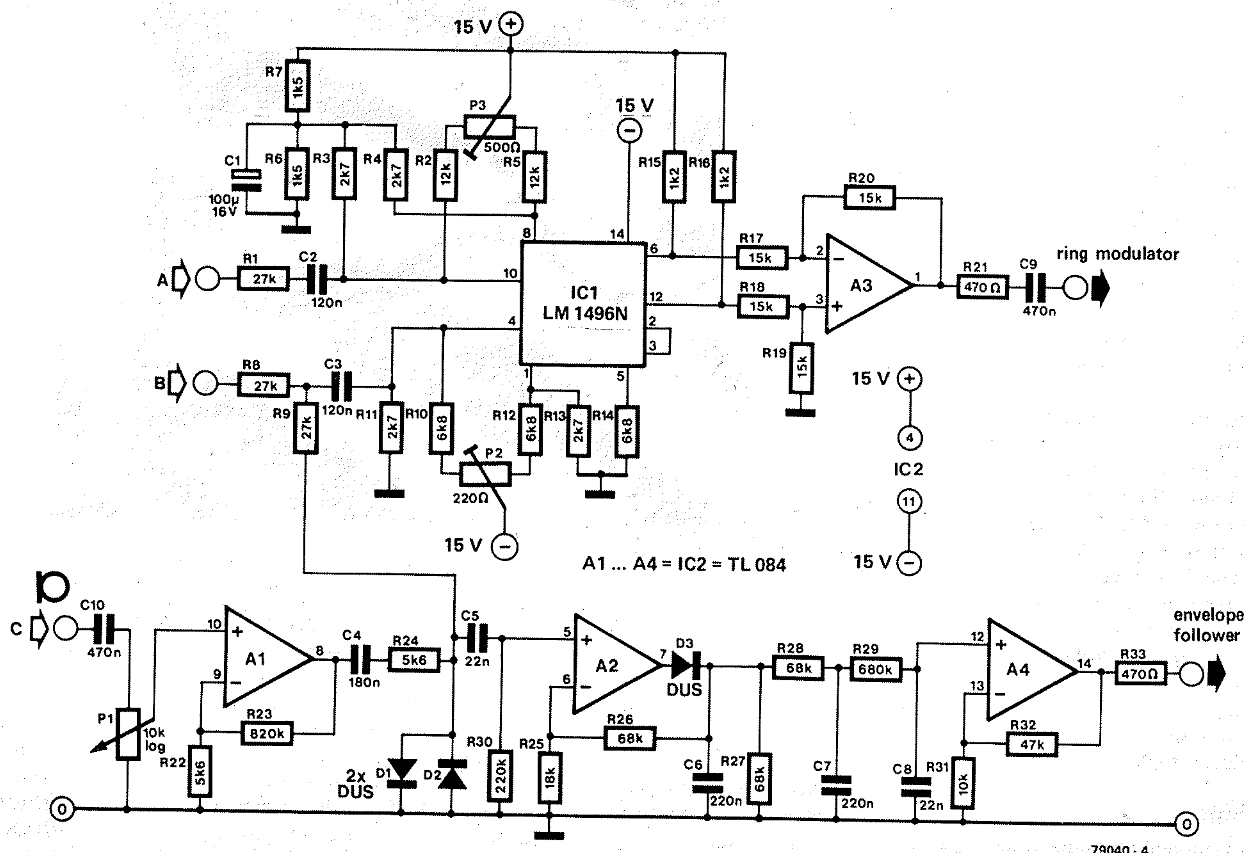
Figuur 3. Het blokschema van de Elektuur ringmodulator. Aan de eigenlijke modulator is een envelope follower toegevoegd. Deze schakeling levert de omhullende van het ingangssignaal.

Figuur 4. Het uitgewerkte schema van de ringmodulator. Het eigenlijke 'ringmoduleren' vindt plaats in de dubbelgebalanceerde modulator IC1.

3



4



frekwenties: 100, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600 en 1700 Hz. Elk van al deze tonen heeft een karakteristieke amplitude, waardoor bepaalde tonen uit de cluster sterk domineren boven andere. Dit resulteert in een typische ringmodulatorklank, die, als hij al ergens mee te vergelijken is, nog het meest doet denken aan de klankkleur zoals die wordt voortgebracht door gong-achtige instrumenten, of aan het geluid van metaal op metaal (een hamer op een aambeeld, bijvoorbeeld).
De mogelijkheden van de ringmodulator komen het beste tot hun recht wanneer een of beide ingangssignalen in frekwentie variëren (bijvoorbeeld gemoduleerd worden). Er ontstaan dan klanken die zowel in toonhoogte (voor zover daarvan nog sprake is) als klankkleur buitengewoon sterk veranderen en alle mogelijke gedaanten tussen haarzuivere harmonieën en schrille dissonanten kunnen aannemen. Zeer interessante klanken ontstaan er wanneer in een ringmodulator 'gewone' klanken gekombineerd worden met een ruissignaal, wanneer men de ringmodulator met allerlei filters kombineert en wanneer meerdere ringmodulatoren met elkaar gekombineerd worden. De befaamde komponist Stockhausen schreef ooit een stuk voor Hammond-orgel, kamerkoor en vier ringmodulatoren . . .

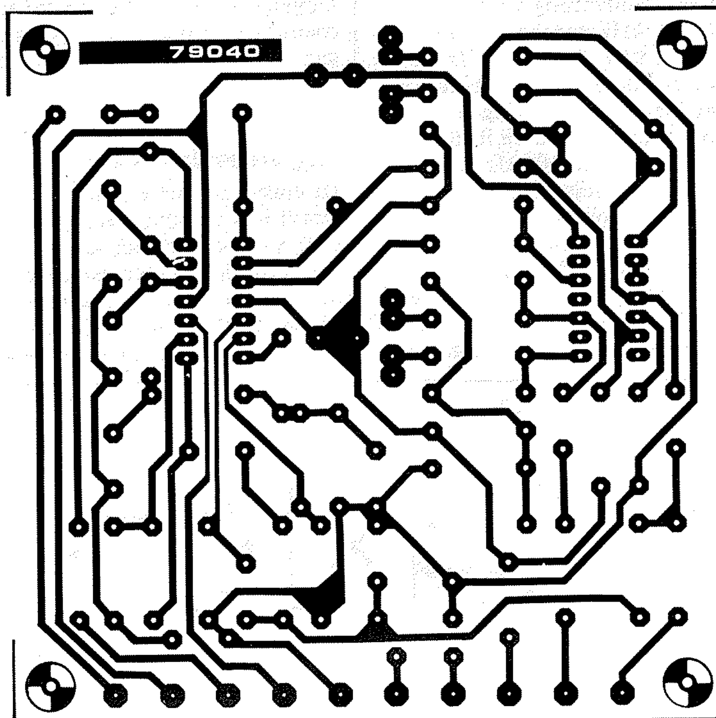
Frekwentieverdubbelaar

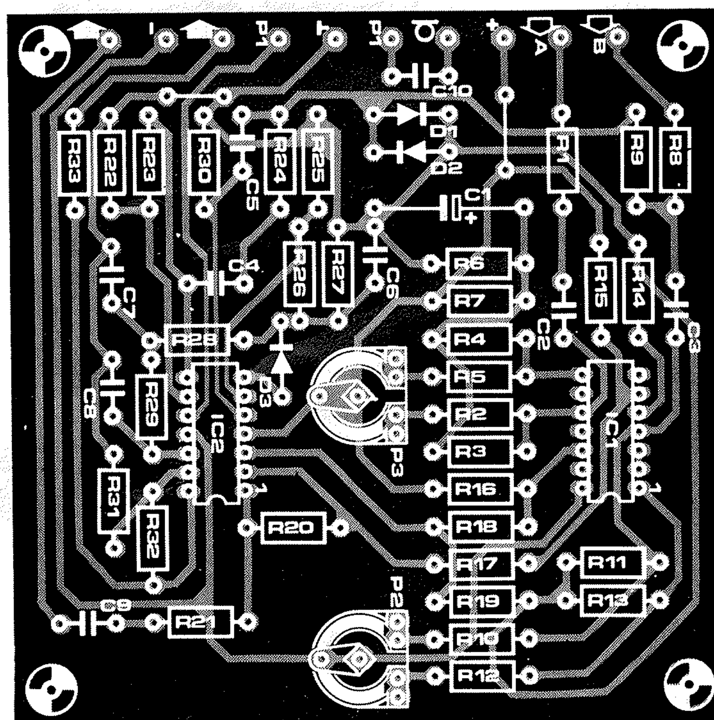
De ringmodulator heeft in de muziek ook wat 'gewonere' toepassingen. Zo kan hij gebruikt worden als frekwentieverdubbelaar of *oktaafverschuiver* (immers: een dubbele frekwentie komt neer op een oktaaf hoger). Deze mogelijkheid ontstaat wanneer men aan beide ingangen van de ringmodulator hetzelfde signaal toevoert. Het zal duidelijk zijn dat de verschiltoon in dat geval een frekwentie heeft van nul hertz (en dus helemaal niet als toon aanwezig is), en dat de somtoon de dubbele frekwentie heeft van die van het gemeenschappelijke ingangssignaal. Bij toepassing als frekwentieverdubbelaar voor niet-sinusvormige en polyfone signalen treedt wel een aanzienlijke intermodulatie tussen allerlei (boventonen op, een effekt overigens dat wel degelijk interessante muzikale perspektieven biedt. Extra mogelijkheden ontstaan wanneer men een van beide ingangssignalen bewerkt met bijvoorbeeld een echo of phaser.
Tenslotte is het dan nog mogelijk de ringmodulator wat 'oneigenlijk' te gebruiken als spanningsgestuurde versterker (VCA), en wel door de stuurspanning op de ene ingang aan te sluiten, en de andere ingang van het te moduleren signaal te voorzien.

Moeilijk

De hier gemaakte opmerkingen geven eigenlijk nog maar een summier beeld van de muzikale gebruiksmogelijk van

5





de ringmodulator. Al met al zal het duidelijk zijn dat de ringmodulator bij uitstek het gereedschap is voor de meer experimenteel ingestelde musicus, de man of vrouw die meer geïnteresseerd is in het zoeken naar totaal nieuwe klankstrukturen dan bijvoorbeeld het kreëren van meer konventionele harmonieën. De ringmodulator is een 'moeilijk' apparaat, waarmee slechts gevorderde musici uit de voeten kunnen, een apparaat ook, dat gemakkelijk te misbruiken is. In dat opzicht zou men de ringmodulator de 'viool van de elektronische muziek' kunnen noemen.
Toch hoort de ringmodulator bij het basisarsenaal van de meeste (niet te kleine) muzieksynthesizers. Bovendien wordt hij wel als losse eenheid toegepast door met name gitaristen en 'toetsenmannen', maar ook door andere instrumentalisten.

Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1,R8,R9 = 27 k
R2,R5 = 12 k
R3,R4,R11,R13 = 2k7
R6,R7 = 1k5
R10,R12,R14 = 6k8
R15,R16 = 1k2
R17 . . . R20 = 15 k
R21,R33 = 470 Ω
R22,R24 = 5k6
R23 = 820 k
R25 = 18 k
R26,R27,R28 = 68 k
R29 = 680 k
R30 = 220 k
R31 = 10 k
R32 = 47 k
P1 = potmeter 10 k log
P2 = instelpotmeter 220 Ω (250 Ω)
P3 = instelpotmeter 500 Ω

Kondensatoren:
C1 = 100 μ/16 V
C2,C3 = 120 n
C4 = 180 n
C5 = 22 n
C6,C7 = 220 n
C8 = 22 n
C9,C10 = 470 n

Halfgeleiders:
IC1 = LM 1496N (National) of MC 1496P (Motorola)
IC2 = TL 084
D1 . . . D3 = DUS

Figuur 5. De print voor de schakeling van figuur 4.

De ringmodulator is geen ringmodulator

Nu we, na deze noodzakerlijkerwijs wat breedvoerige uitweiding, toe zijn aan het ons meer vertrouwde technische aspekt, moeten we eerst vaststellen dat de naam 'ringmodulator' eigenlijk fout is. De naam ringmodulator staat voor een bepaalde schakeling, die inderdaad werkt als vierkwadrantenvermenigvuldiger (althans voor wisselspanningen) en in de beginjaren van de muziekelektronica dan ook wel werd toegepast. Inmiddels heeft de elektronica echter veel betere schakelingen voor hetzelfde doel opgeleverd, die tegenwoordig dan ook vrijwel zonder uitzondering worden gebruikt. De naam 'ringmodulator' bleef echter gemeengoed – tenslotte zijn de meeste musici niet geïnteresseerd in de inhoud van het 'kastje', maar alleen in wat er uit komt.
Een betere naam voor de in de meeste moderne ringmodulatorschakelingen toegepaste vermenigvuldiger is dubbelgebalanceerde modulator. Dit is een nogal delikate schakeling, bestaande uit een kombinatie van spanningsgestuurde stroombronnen. Gelukkig is zo'n dubbelgebalanceerde modulator in zijn geheel als IC beschikbaar, zodat we naar het vermenigvuldigen, het 'ringmoduleren' zèlf eigenlijk, geen omkijken meer hebben. Om een voor muziektoepassingen geschikte ringmodulatorschakeling te maken, zijn alleen nog een paar omringende komponenten noodzakelijk.

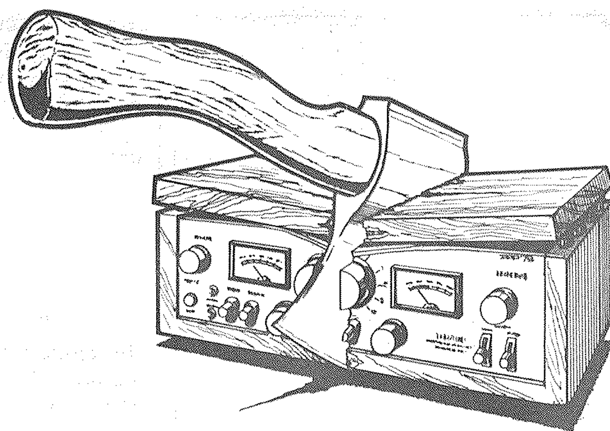
Ter zake

Het blokschema van de Elektuur ringmodulator is afgebeeld in figuur 3. Het meest opvallende is dat de ringmodulator (aangeduid met een maal-teken) voorzien is van een 'extra' in de vorm van een *envelope follower'*. De reden dat deze op zich zelfstandige schakeling aan het geheel toegevoegd is, is dat op die manier op een zinvolle manier van komponenten en van printruimte gebruik gemaakt kan worden.
De envelope follower levert als uitgangssignaal de omhullende (envelope) van het signaal aan de ingang. De ingang van de envelope follower is gevoelig genoeg om een mikrofoonsignaal te kunnen verwerken. Samen gebruikt met bijvoorbeeld een synthesizer als de Formant, kan men op die manier de omhullende van dit signaal toekennen aan een willekeurig ander signaal. Ook levert de gevoelige ingang van de envelope follower (via een optelschakeling) tegelijk een gevoelige ingang op voor de eigenlijke ringmodulator, zodat men een door een mikrofoon opgevangen geluid (of bijvoorbeeld het signaal van een elektrische gitaar) meteen kan ringmoduleren. De envelope follower bestaat uit een voorversterkertrap en een gedeelte waarin het versterkte signaal gelijkgericht en enigszins afgevlakt wordt, zodat een met de omhullende van het ingangssignaal overeenstemmend variërend gelijkspanningsnivo ontstaat.
De rest van het blokschema spreekt eigenlijk voor zich. Van de twee vermenigvuldigeringangen A en B is de B-ingang 'gesplitst' in een normale en een gevoelige ingang. De andere vermenigvuldigeringang is alleen normaal beschikbaar. De normale ingangen zijn berekend op signalen tot ca. 1,5 V top-top, zoals ze voorkomen in de Formant synthesizer. De gevoelige ingang heeft al genoeg aan een signaal van ca. 10 mV top-top om volledig uitgestuurd te worden en is dus gevoelig genoeg voor de meeste mikrofoons en gitaarelementen.
Gaan we nu over naar het uitgewerkte schema van figuur 4. De belangrijkste komponent is IC1. Dit is de dubbelgebalanceerde modulator, waarin de vermenigvuldiging plaatsvindt. Het gebruikte IC is van het type LM 1496N. Een aantal weerstanden zijn nodig om het IC naar behoren te laten werken. Allereerst dienen de twee uitgangssignalen binnen zekere grenzen gehouden te worden, omdat anders met name de onderdrukking van de ingangssignalen (die immers eigenlijk niet tot de uitgang mogen doordringen!) aanzienlijk slechter wordt. Vandaar dat de ingangssignalen met behulp van de weerstandsdelers R1/R3 en R8/R11 tot bescheidener proporties (maximaal ca. 150 mV top-top, worden teruggebracht. Bij dit nivo worden de ingangssignalen meer dan 50 dB in het uitgangssignaal onderdrukt. Deze onderdrukking kan geoptimaliseerd worden met behulp van de instelpotmeters P2 en P3. R6 en R7 vormen een spanningsdeler die het vereiste gelijkspanningsnivo voor de aansluitingen 8 en 10 van het modulator-IC vastlegt. De overige omringende weerstanden zorgen voor de rest van de juiste gelijkstroominstelling van de LM 1496N. De uitgangsspanning is ook aangepast op het Formantstandaardnivo van 1,5 V top-top. A3 fungeert als buffer.
De envelope follower is opgebouwd met de opamps A1, A2 en A4. A1 is een versterkertrap die het ingangssignaal op het gewenste nivo brengt. De gevoeligheid is instelbaar met behulp van potmeter P1. Na de versterkertrap worden eventuele te grote spanningen begrensd door D1 en D2. Via R9 wordt het signaal opgeteld bij het signaal op de normale B-ingang; op die manier ontstaat de keuzemogelijkheid tussen normale en gevoelige ingang. Opamp A2 vormt samen met diode D3 en kondensator C6 een topgelijkrichter. Samen met een erop volgend laagdoorlaatfilter met een kantelfrekwentie van 10 Hz levert deze een signaal dat nauwkeurig de omhullende van het ingangssignaal volgt. Met opamp A4 tenslotte wordt de omhullende op nivo gebracht. De waarden die de spanning op de uitgang van de envelope follower kan aannemen, liggen tussen 0 en 10 V.

Bouw en afregeling

De schakeling kan worden opgebouwd op de print van figuur 5. Voor het modulator-IC bestaan enkele ekwivalenten. Motorla levert onder de benaming MC 1496P een IC dat volledig identiek, en dus ook bruikbaar is. Ook Signetics heeft een ekwivalent in de gedaante van de S 5596. Deze ekwivalent is echter *niet* bruikbaar op de print van figuur 5, vanwege de afwijkende pinning. Men dient dus óf de LM 1496N van National, óf de MC 1496P van Motorola te gebruiken.
De schakeling wordt gevoed met voedingsspanningen van +15 V en –15 V en verbruikt slechts ca. 11 mA.
De afregeling is eenvoudig: sluit een ingangssignaal aan op ingang A en regel instelpotmeter P3 zodanig af dat er op de uitgang van de ringmodulator zo min mogelijk van het ingangssignaal hoorbaar is. Vervolgens doet men hetzelfde met een ingangssignaal op de B-ingang en instelpotmeter P2. Na het herhalen van deze afregeling is de schakeling gebruiksklaar en kan men een begin maken met een boeiende muzikale ontdekkingsreis . . .

links en rechts gescheiden



onderdrukking van overspraak in pickup-elementen

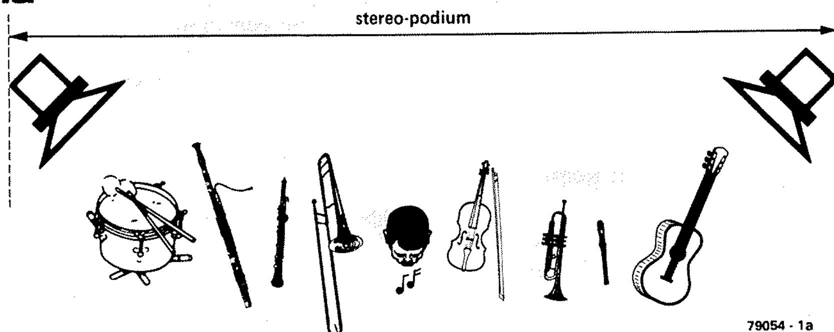
Niet de Tweede, maar de huiskamer is het onderwerp van dit artikel. Een huiskamer waarin de twee luidsprekers van een stereo-installatie elk hun partij meeblazen. Helaas niet alleen hun eigen partij, maar ook een fraktie van de partij die aan de andere luidspreker is toebedeeld. Deze overspraak versterkt de indruk dat het geluid uit het midden komt.
Van de onderdelen van een stereo-installatie is het pickup-element de voornaamste overspreker. Een Japanse firma heeft dat onderzocht en vastgesteld dat hier met elektronische middelen iets gedaan kan worden. Hoe? Dat komt in dit artikel aan de orde.
Opdat het linker kanaal niet wete wat het rechter doet. En omgekeerd, uiteraard.

Na zo'n dikke twintig jaar is 'stereo' ingeburgerd. De gewoonste zaak van de wereld. De mensen die in het begin van de veertiger jaren met het betreffende onderzoek zijn gestart hebben eer van hun werk gehad.
Wat houdt stereo-weergave eigenlijk in? Een paar herhalingsoefeningen.
Er zijn twee weergaveketens. Een linker en een rechter. Aan het eind van de keten de linker respektievelijk rechter luidspreker. Het met de stereo-weergave te bestrijken gebied, het 'stereo-podium' strekt zich uit van de linker luidspreker tot en met de rechter luidspreker (figuur 1). De plaats waar een bepaalde vokale of instrumentale solist van zich laat horen hangt af van de luidspreker-opstelling en de mate waarin het overeenkomende elektrische signaal in linker en rechter kanaal aanwezig is. Hoe groter de onderlinge sterkteverschillen, des te meer deze positie verschuift in de richting van de luidspreker van het kanaal, waarin de informatie elektrisch het sterkst is vertegenwoordigd.

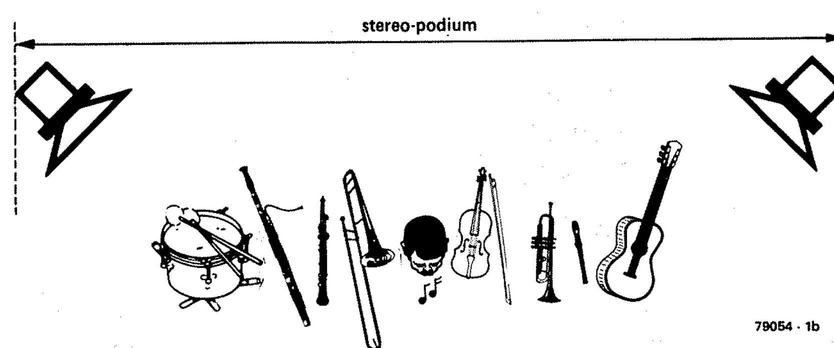
Over overspraak gesproken

In het ideale geval wordt de informatie van linker en rechter kanaal pas gekombineerd na de vertaling in geluidstrillingen door de luidsprekers. In de praktijk treedt al op verscheidene plaatsen eerder in de keten een geringe vermenging (kombinatie) op van linker en rechter informatie. En hierdoor gaan de informaties wat meer op elkaar lijken (figuur 2). Doe een beetje zwart bij wit en je krijgt lichtgrijs. Zwart met een

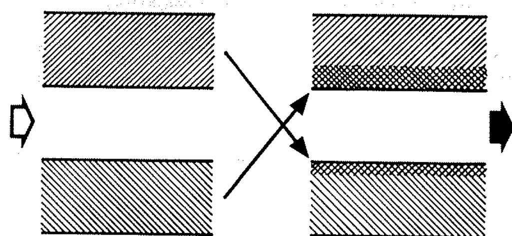
1a



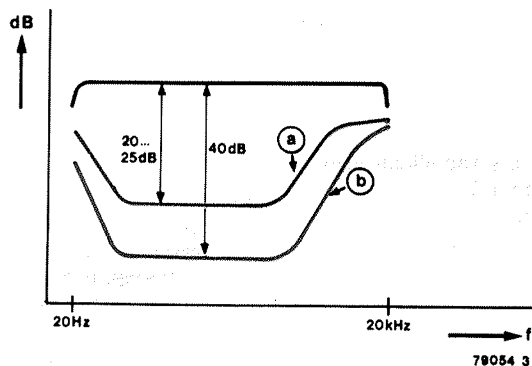
1b



2



3



Figuur 1. Overspraak leidt er toe dat de diverse ruimtelijk gescheiden onderdelen van het muziekprogramma worden weergegeven op een plaats die dichter bij het midden ligt.

Figuur 2. Overspraak tussen twee kanalen schematisch voorgesteld. Hoe groter de dubbel gearceerde gebieden, des te groter de overspraak en des te meer het gaat in de richting van monoweergave. In de figuur is sprake van asymmetrische overspraak; die van het ene naar het andere kanaal is niet gelijk aan die van het andere naar het ene.

Figuur 3. Kanaalscheiding als funktie van de frekwentie met (b) en zonder (a) overspraak-onderdrukking.

beetje wit geeft donkergrijs. Het verschil tussen donkergrijs en lichtgrijs is kleiner dan dat tussen zwart en wit.
De ongewenste, vroegtijdige kombinatie van beide informaties (kanalen) hebben we te danken aan zgn. *overspraak*. Hoe hoger (sterker) de overspraak, des te groter de overeenkomst tussen de kanalen en des te smaller het stereo-podium. Des te meer de stereo-weergave neigt tot mono-weergave, waarbij alles uit het midden komt.
In versterkers ontstaat overspraak door kapacitieve en/of induktieve koppeling tussen de bedrading en de printbanen van beide kanalen of via de gemeenschappelijke voeding. Ook de opzet van de balansregelaar kan extra overspraak veroorzaken. Toch zal deze overspraak niet doorslaggevend zijn omdat er elders in de keten nog meer overspraak ontstaat.
Wil men desondanks toch een versterker met een supergoede *kanaalscheiding* (een in dB opgegeven grootheid; hoe groter het aantal dB's, des te geringer de overspraak), die zijn er. Gescheiden (eventueel gestabiliseerde) voedingen, ook voor het eindversterkergedeelte, gescheiden printen voor linker en rechter kanaal. Kortom dubbel mono met uitzondering van de kast en de netsteker. Wel iets duurder. Is er elders in de keten misschien meer overspraak?
Ja, en wel rond het medium grammofoonplaat. Aan de overspraak, ontstaan bij het snijproces en aan de overspraak in de plaatgroef is weinig te doen. Het zij zo. Trouwens: 40 à 50 dB kanaalscheiding tot en met de plaatgroef is vandaag de dag haalbaar.
Met het pickup-element is het anders gesteld. In het voor stereo belangrijke gebied tussen een paar honderd en een paar duizend hertz zal de kanaalscheiding 20 à 25 dB bedragen met een enkele uitschieter van 25 à 30 dB. Voor hogere en lagere frekwenties is de overspraak slechter, maar doet minder kwaad. Het ontstaan van overspraak in het pickup-element is een lang verhaal apart. We volstaan met de opmerking dat wat hoorbare effekten van overspraak betreft het pickup-element de grote boosdoener is.

Van overspraak naar 'overfluister'

Is de kanaalscheiding voor middenfrekwenties te vergroten tot zo'n 40 dB, waarbij de scheiding voor de hoge en de lage frekwenties ook wat verbetert (figuur 3)? De firma Denon uit Japan vindt van wel en heeft *hardware* ontwikkeld, waarmee verbeteringen à la figuur 3 mogelijk zijn. Het apparaat waarmee de overspraak nagenoeg monddood kan worden gemaakt is 'Phono Crosstalk Canceller (PCC)' gedoopt. 'Overspraakonderdrukker' dus. Het apparaat bezit vier extern toegankelijke potentiometers. Twee zijn er nodig voor de afregeling (op het gehoor) op minimale overspraak van het linker naar het rechter kanaal, de andere twee voor minimale overspraak van het rechter naar het linker kanaal. De afregeling vindt plaats tijdens het afspelen van een geschikte testplaat. Het apparaat is als zelfstandige eenheid verkrijgbaar; in sommige versterkers van Denon is de PCC ingebouwd.

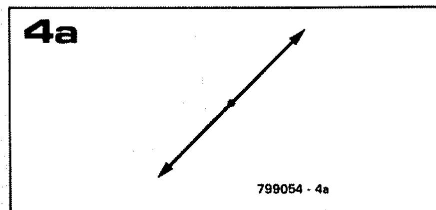
Zeg het met pijlen

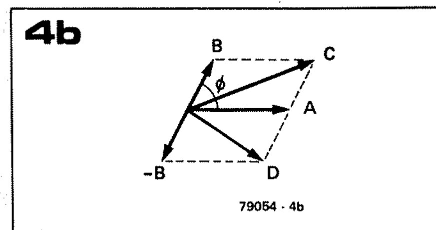
Het 'hoe' van de overspraakonderdrukking kan het beste worden uitgelegd aan de hand van het stripverhaal van figuur 4, waarin spanningen zijn voorgesteld door pijlen (vektoren).
Als een spanning wordt opgeteld bij een even grote spanning die in tegenfase is met de eerste spanning is het resultaat nul volt. Als in figuur 4a een pijl wordt opgeteld bij een even lange maar tegengesteld gerichte pijl is het resultaat een pijl met lengte nul of, praktischer uitgedrukt, geen pijl.
Als twee spanningen A en B een faseverschil Φ hebben zullen de bijbehorende pijlen ook een hoek Φ met elkaar vormen (4b); de spanningen opgeteld levert spanning C, en B van A afgetrokken tenslotte spanning D.
Als in figuur 4c de spanning A de nuttige informatie van een bepaald kanaal vertegenwoordigt en B de overspraakspanning afkomstig uit het andere kanaal, kan B worden ontbonden in een

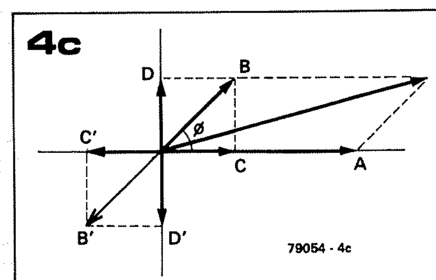
Figuur 4. Door spanningen voor te stellen als pijlen (vektoren) kan het overspraakonderdrukkingsmechanisme worden verklaard.

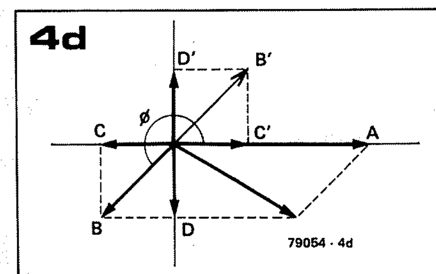
Figuur 5. Blokschema van de Denon-overspraakonderdrukker (PCC).

Figuur 6. De schakeling van de Denon-overspraakonderdrukker.









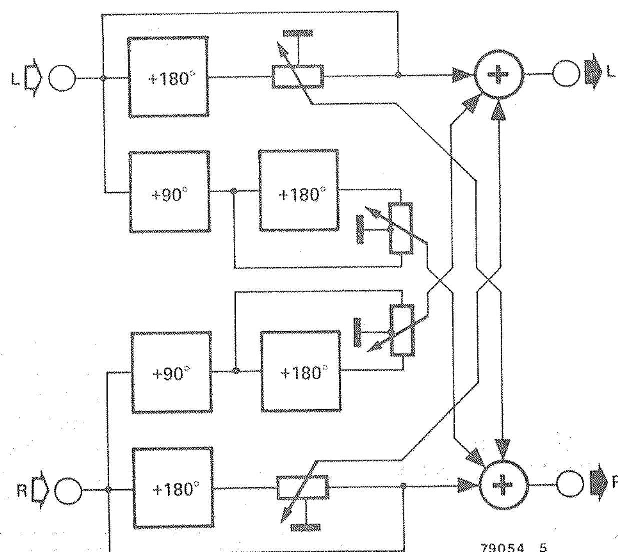
overspraakkomponent C die in fase is met het hoofdsignaal A, en een overspraakkomponent D, die ten opzichte van het hoofdsignaal 90 graden in fase is verschoven. De overspraak kan worden geëlimineerd door de spanningen C' en D' (resulterend in B') te maken en ze op te tellen bij de kanaalinformatie (samengesteld uit nuttig signaal en overspraaksignaal).
Voor figuur 4d geldt hetzelfde, alleen is de overspraakkomponent 180 graden verschoven ten opzichte van figuur 4c. Als de grootte van Φ en de lengte van B nu maar onafhankelijk van de frekwentie zijn kan de overspraakonderdrukking volledig zijn. Een blik op kurve a van figuur 3 helpt ons gauw uit de droom. Jammer dus.
De onderdrukkingsnoodzaak is echter het grootst voor het middenfrekwentiegebied en daar zijn Φ en de lengte van B (vgl. het aantal dB kanaalscheiding) min of meer konstant. Daar is het principe dus bruikbaar. Er zijn pickup-elementen met een overspraaktype volgens figuur 4c en er zijn er volgens figuur 4d. De grootte van de spanningen C' en D' moeten onafhankelijk van elkaar instelbaar zijn en in twee polariteiten (fasen) beschikbaar zijn. Vandaar twee potmeters. Omdat de overspraak van het ene naar het andere kanaal niet gelijk hoeft te zijn (en dat meestal ook niet is) aan die van het andere naar het ene (asymmetrie), moet de afregeling voor beide kanalen plaatsvinden. Vier potmeters dus.

De PCC-1000 blokken

In figuur 5 is het blokschema getekend van de 'Phono Crosstalk Canceller' PCC-1000 van Denon. Voor elk kanaal zijn de ingrediënten twee 180°-fasedraaiers, een 90°-fasedraaier, twee monopotmeters met vaste, geaarde middenaftakking en een optelschakeling. Dat is alles. De loperspanningen van bij een bepaald kanaal horende potmeters worden toegevoerd aan de optelschakeling van het andere kanaal. De vaste, geaarde middenaftakking houdt in dat alle vier kompensatiespanningen in twee polariteiten beschikbaar zijn. Welke polariteit nodig blijkt te zijn hangt af van het type pickup-element.

De PCC-1000 in detail

Het principeschema staat in figuur 6. Vijf torren per kanaal. Het is de bedoeling dat het apparaat tussen de tape-uitgang en de tape-ingang (monitoringang) van de (voor)versterker wordt geschakeld. Omdat de tape-aansluitingen niet meer voor hun oorspronkelijke funktie gebruikt kunnen worden is op het apparaat voorzien in een stel nieuwe tape-aansluitingen. Schakelaar S2 is de nieuwe tape-schakelaar.
Met schakelaar S3 kiest men tussen 'alleen linker kanaal' (stand 1), 'alleen rechter kanaal' (stand 3) en 'linker & rechterkanaal' (stand 2). Voor de afregeling zijn de standen 1 en 3 van belang. Na de afregeling stand 2. Met schakelaar S1 kan worden gekozen tussen 'normale overspraak' (stand 2) en 'overspraakloos' (stand 1).
We beginnen achteraan. Transistoren 5, 7 en 9 resp. 6, 8 en 10 vormen met de nodige weerstanden en kondensatoren de optelversterker. De drie ingangssignalen (zie figuur 5) komen binnen via R29, R31 en R33 resp. R30, R32 en R34; het knooppunt der weerstanden ligt op virtuele aarde.
De spanning op de kollektor van TR1 (TR2) is tegenfase met de ingangsspanning. De loperspanning van VR1 (VR2) bepaalt grootte (amplitude) en richting (polariteit) van de kompensatiespanning C' (zie de figuren 4c en 4d). Een fasedraaiing van 90° ontstaat onder invloed van het RC-netwerk C7/R15 (C8/R16).
Vervolgens de fasedraaier met TR3 (TR4). De loperspanning van VR3 (VR4) bepaalt grootte (amplitude) en richting (polariteit) van de kompensatiespanning D' (zie de figuren 4c en 4d).
En daarmee is alles van figuur 6 gezegd, wat voor het principe van belang is. De rest is voeding.



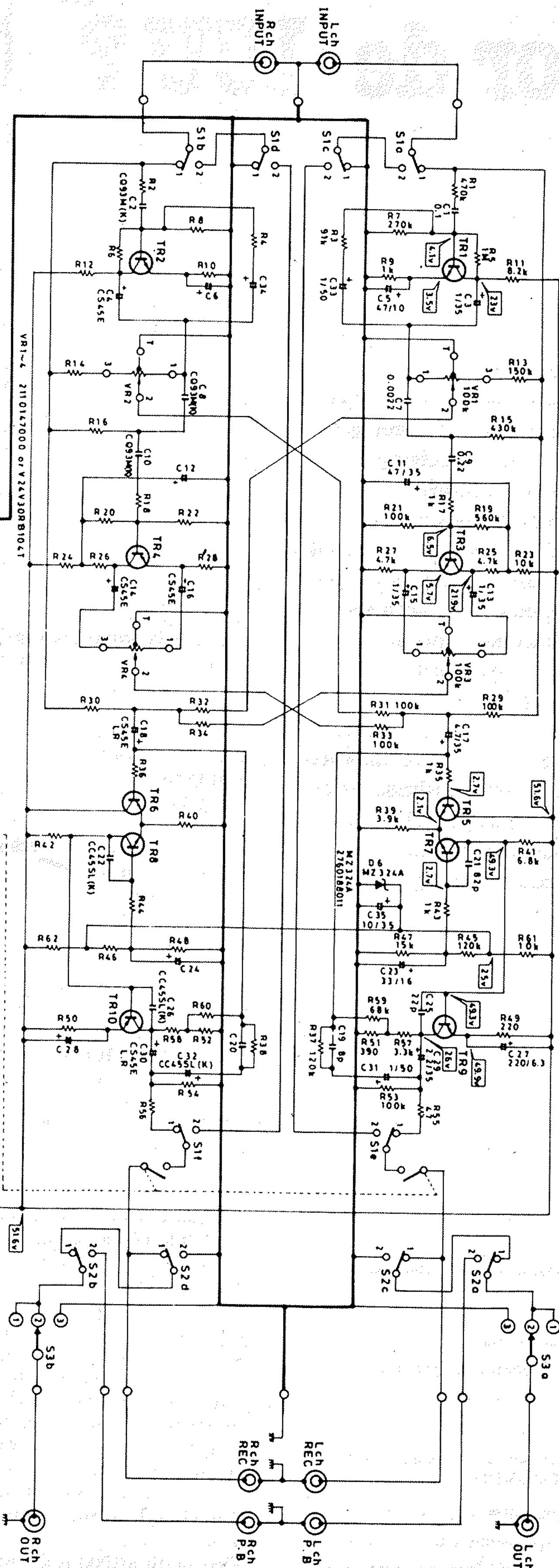
(Over)sprakeloos?

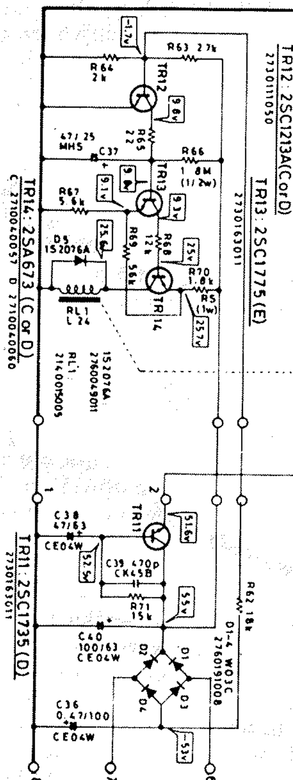
Tot slot de vraag of de verbeteringen niet alleen in dB's maar ook op het gehoor spektakulair zijn. Een zeer nuttige vraag. We dachten van wel. Maar al te vaak treft men in recencies de opmerking aan dat element X een beter stereobeeld oplevert dan element Y. En vaak had Y dan een slechtere kanaalscheiding dan X. Nu zeggen recensies (en recensenten) niet alles, maar onze nieuwsgierigheid is geprikkeld. De elektronica hoeft kwa komplexiteit en kosten het probleem niet te zijn. We zullen er nog over spreken.

6

S1a~f : P.C.C (1. ON 2. OFF) (2124085006)
S2a~d : TAPE MONITOR (1. OFF 2. ON) (2124084007)
S3a~b : OUTPUT (1. Lch ONLY 2. NORMAL 3. Rch ONLY) (2124077001)

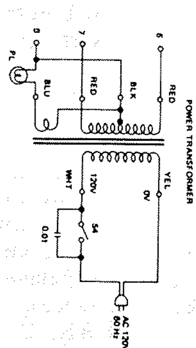
TRANSISTOR			DIODE	
TR1~8	2SC1775(F)	2730158013	D1~4	2760191008
TR9, 10	2SA872(E)	2710070001	D5	2760049011
TR11	2SC1735(D)	2730163011	D6	2760188011
TR12	2SC1213A(C)	2730111050		
TR13	2SC1775E	2730158026		
TR14	2SA673A(C)	2710040057		



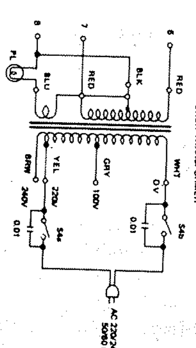


NOTES
ALL RESISTANCE VALUES IN OHM K=1,000 OHM M=1,000,000 OHM
ALL CAPACITANCE VALUES IN MICRO FARAD P=MICRO-MICRO FARAD
EVERY VOLTAGES AND CURRENTS IS MEASURED AT NO SIGNAL INPUT CONDITION.
CIRCUIT AND PARTS ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT PRIOR NOTICE.

FOR USA

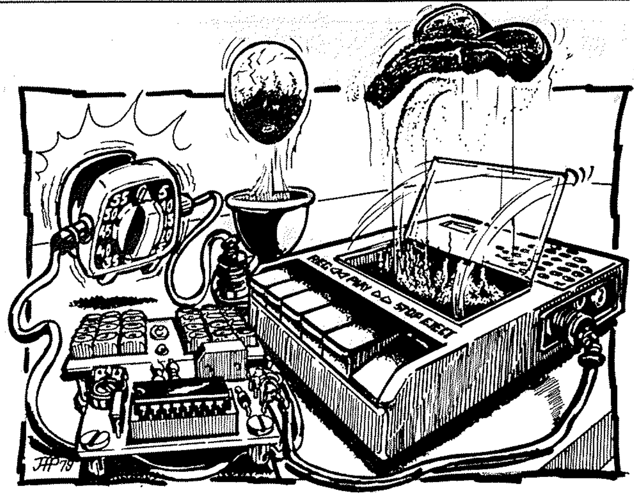


FOR EUROPE



79054 6

wie is er bang voor de ICU?



Microprocessors kunnen voor buitengewoon veel toepassingen worden gebruikt. Voor een groot aantal van deze toepassingen zijn ze echter vaak onnodig uitgebreid. Motorola heeft daarom een speciaal IC ontwikkeld dat minder gecompliceerd is, maar waarmee toch eenvoudig programmeerbare systemen kunnen worden gebouwd. Dit IC wordt onder de naam Industrial Control Unit (afgekort ICU) en het nummer MC14500B in de handel gebracht. Deze ICU is zeer bruikbaar voor degenen die graag op eenvoudige wijze willen werken met een microprocessor-achtig IC.

Tabel I.

Voornaamste eigenschappen van de ICU

- kan zestien logische funkties uitvoeren;
- 1-bit bidirektionele data-bus;
- 1-bit geheugen;
- vier flag uitgangen;
- voldoet aan Jedec-B specificaties voor CMOS-IC's
- voeding tussen 3 en 18 volt;
- clock-frekwentie DC tot 1 MHz;
- op de eerste plaats ontworpen voor gebruik in eenvoudige besturingen.

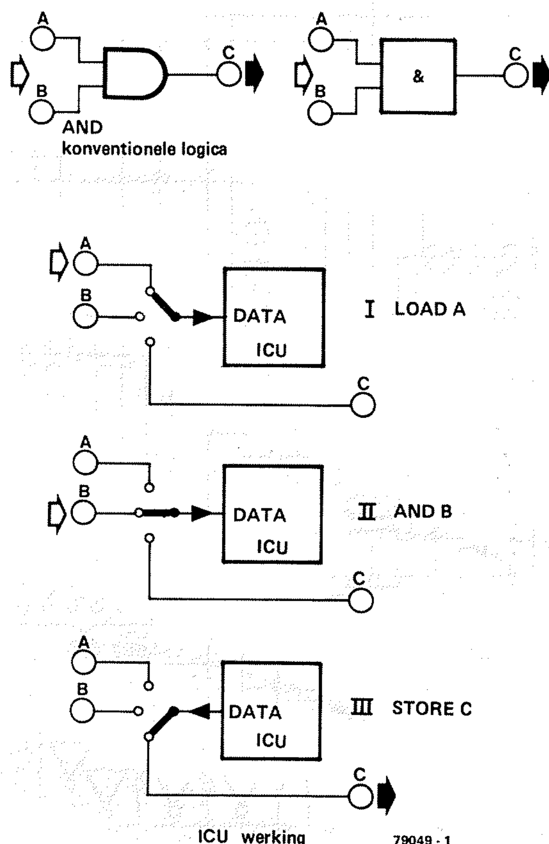
Na het op de markt verschijnen van de Motorola Industrial Control Unit MC14500B (afgekort ICU) is het niet meer nodig om voor bepaalde, niet al te ingewikkelde, processchakelingen gebruik te maken van microprocessors. Natuurlijk is het niet zo, dat men met de ICU voor een dubbeltje op de eerste rang zit. Hiermee wordt bedoeld dat door zijn eenvoud de ICU veel minder mogelijkheden biedt dan zijn grotere broers. Anderzijds worden microprocessors vaak gebruikt voor in feite veel te simpele karweitjes. Besturingen bij modelspoorwegen, inbraakalarms, diastuurapparaten, ruitewisserintervalschakelaars en promprogrammers kunnen uitstekend worden gerealiseerd met behulp van de ICU en het is echt niet nodig daarvoor een veel duurder en moeilijker te begrijpen microprocessor te kiezen. Wil men naderhand toch overstappen naar de echte 'grote jongens', dan is deze stap gemakkelijker, omdat men inmiddels dankzij de ICU vertrouwd is geraakt met de struktuur van een systeem met een processor.
Het is de bedoeling in dit artikel de ICU kort te beschrijven en met enkele eenvoudige voorbeelden duidelijk te maken hoe er met de ICU kan worden gewerkt. Voor iedereen die aan de gang wil met de ICU, kan het boekje van Motorola: 'MC14500B Industrial Control Unit Handbook' worden aanbevolen. In ongeveer 100 pagina's wordt hierin de werking van de ICU beschreven en wordt een aantal voorbeelden gegeven. Het is duidelijk dat een dergelijke beschrijving in Elektuur te veel ruimte zou vergen.
Voor iemand met weinig ervaring op het gebied van microprocessors is het altijd moeilijk een begin te vinden. Begrippen als 'read', 'write', 'data' en 'enable' – om er maar een paar te noemen – zijn nog onbekend en hebben een mysterieuze klank. Er is echter maar één manier om hiermee vertrouwd te worden: gewoon stug doorlezen, ook al is een en ander aanvankelijk niet geheel duidelijk. Kortom: laat u niet afschrikken.
Ook in dit artikel is het niet mogelijk gebleken alle moeilijke woorden te vermijden. Zoveel mogelijk is daarom tegelijk met het 'moeilijke' woord een omschrijving gegeven van hetgeen zich afspeelt.

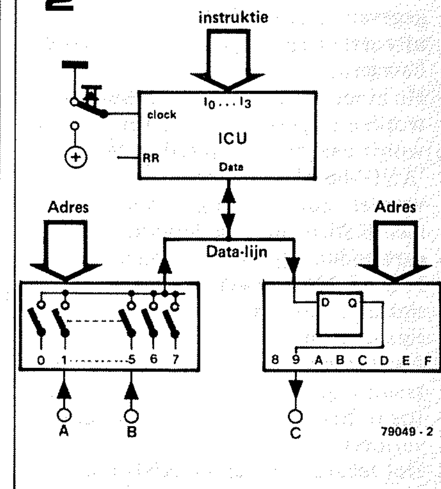
Eigenschappen

De ICU van Motorola ziet er uit als een doodgewoon 16-pens IC uit de CMOS-serie en is dat in feite ook. Het gedraagt zich als elk ander gebufferd CMOS-IC en is onkritisch en gemakkelijk met de rest van de schakeling te kombineren.
Om enkele van de voornaamste eigenschappen (zie ook tabel I) te noemen: de voedingsspanning mag worden gekozen tussen 3 en 18 volt (in de praktijk zal vaak 5 volt worden genomen, omdat het dan mogelijk is TTL-IC's met de ICU te combineren). De ingangsweerstand van de ingangen bedraagt enkele miljoenen ohms en de uitgangen kunnen tenminste één Low Power TTL-IC sturen; de data- en write-uitgangen overtreffen deze specifikatie ruim en kunnen zelfs twee gewone TTL's sturen. Het IC is redelijk snel; de hoogste clockfrekwentie die de ingebouwde oscillator kan opwekken, is tenminste 1MHz.
Het uitvoeren van een instruktie duurt één clock-periode zodat er dus 1.000.000 instrukties per sekonde kunnen worden afgewerkt.
De werking van de ICU verschilt wel wezenlijk van andere CMOS-IC's uit de logische familie. Deze vervullen namelijk maar één (en steeds dezelfde) funktie, bijvoorbeeld de AND-funktie. De ICU daarentegen kan verschillende logische funkties verrichten zoals AND, OR, EXOR, Invert en nog enkele speciale funkties. Het is overigens niet zo, dat de ICU deze bewerkingen gelijktijdig kan verrichten; het is slechts mogelijk één bewerking tegelijk uit te voeren.
Bovendien kan de ICU maar met één logisch signaal tegelijk werken (1 bit). Een logische AND-bewerking moet echter met tenminste twee signalen worden uitgevoerd, zodat het noodzakelijk is inwendig één signaal tijdelijk op te slaan. De ICU heeft daartoe een klein geheugen waarin 1 bit kan worden bewaard, het 'result-register' (afgekort RR). De AND-funktie kan nu als volgt worden gerealiseerd (zie figuur 1): Eerst wordt signaal A binnengehaald en in het geheugen (RR) opgeslagen. Daarna komt het tweede signaal (B) aan de beurt en

kan de bewerking (AND) worden uitgevoerd. Het resultaat (C) van deze bewerking wordt in RR opgeslagen waarbij de oorspronkelijke inhoud (signaal A) verloren gaat. Om nu de 'buitenwereld' te kunnen mededelen wat het resultaat van de AND is, wordt met behulp van een derde instruktie het resultaat naar buiten gevoerd.
Deze gang van zaken wijkt dus essentieel af van wat er bij gewone logische poorten plaats vindt; terwijl de gewone poort de ingangssignalen tegelijkertijd verwerkt, moet de ICU maar liefst drie bewerkingen uitvoeren om een AND op te leveren.
Bij complexere funkties zoals bijv. het nabootsen van een flipflop, zijn het wel tien (!) bewerkingen.

Uit het voorgaande blijkt dat door de eenvoud van het ontwerp van de ICU weliswaar de mogelijkheden nauwelijks beperkt zijn, maar dat de prijs van de eenvoud wordt betaald in de vorm van langzamer werken. Toch zal de snelheid, zeker voor amateurgebruik, zelden een probleem vormen. In het verderop beschreven systeem, dat met een clockfrekwentie van ongeveer 330 kHz werkt (periodetijd 3 μs), duurt de AND zo'n 10μs. Het verschil tussen de oplossing van een probleem met de ICU enerzijds en gewone logica met poorten en delers anderzijds is, kort gezegd, dat de ICU veel universeler is (maar daarvoor ook trager) en dat de ICU niet zelfstandig kan werken. Er is altijd bijkomende logica nodig die er voor zorgt dat de juiste signalen en de juiste instrukties de ICU bereiken (zie figuur 2).
De ICU heeft om te kunnen werken twee soorten informatie nodig: ten eerste welke instruktie moet worden uitgevoerd en ten tweede een 1-bit data-signaal. 'Data' betekent eigenlijk 'gegevens' en men bedoelt ermee de signalen die bewerkt moeten worden of die zijn ontstaan als gevolg van een bewerking. De al eerder genoemde AND-funktie kan nu worden gebruikt om aan de hand van het blokschema na te gaan wat zich in het ICU systeem afspeelt.
Stel, er moet een logische AND-bewerking worden uitgevoerd met de signalen A en B, die resp. op ingang 1 en





Figuur 1. De ICU is speciaal ontworpen om logische beslissingen uit te voeren. Het voorbeeld in deze figuur geeft een eerste indruk van de uitvoering van een AND-bewerking. Duidelijk blijkt dat deze bewerking in drie stappen wordt uitgevoerd.

Figuur 2. Blokschema van het minimumsysteem opgebouwd met de ICU. Hierin is te zien hoe de informatie aan de ingangen via de datalijn naar de ICU wordt getransporteerd, en hoe vervolgens via diezelfde datalijn het resultaat van de bewerking naar de uitgang wordt doorgegeven.

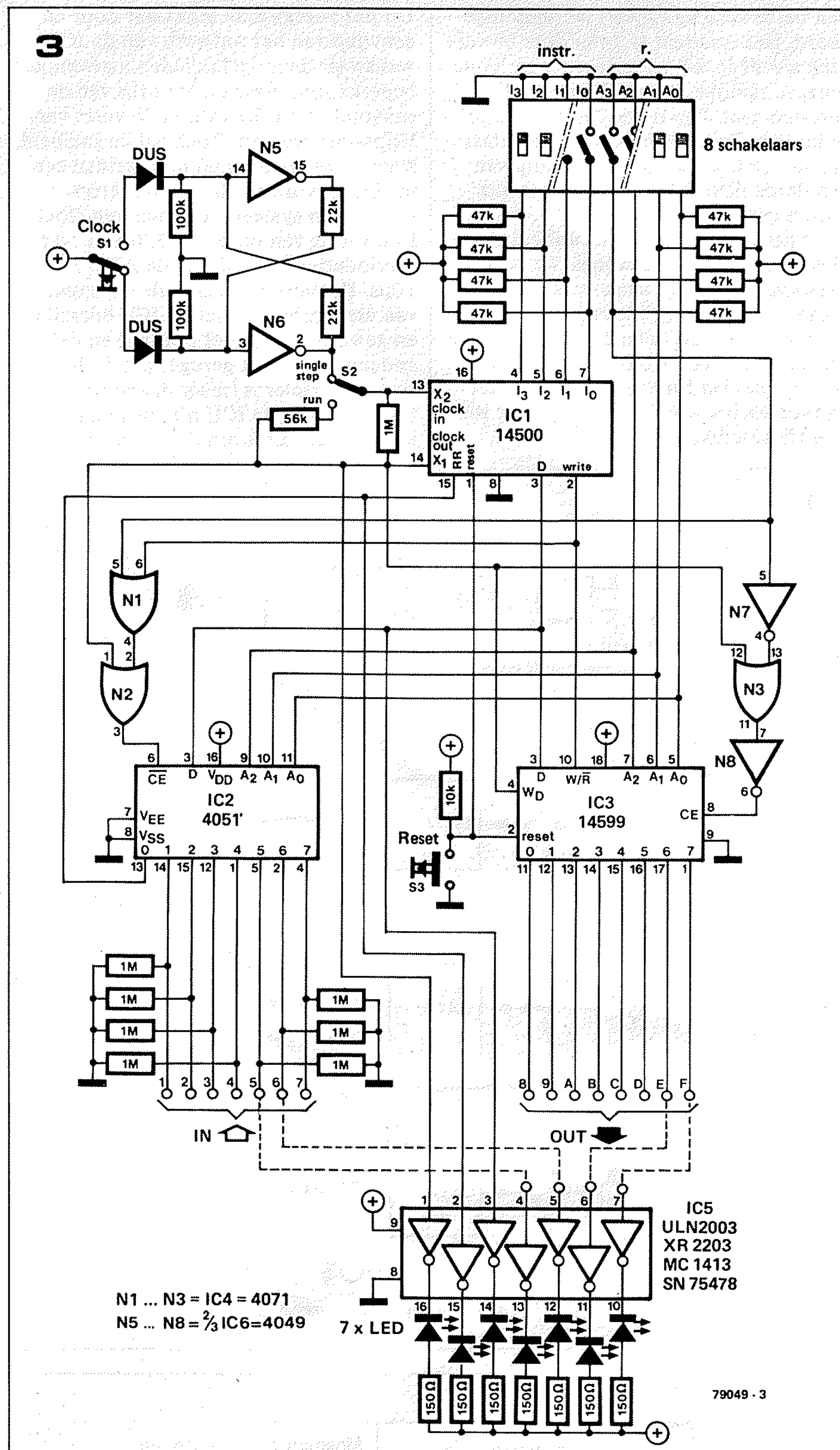
Tabel II.

	Instruction Code	Mnemonic	Action
#0	0000	NOPO	No change in registers. R → R, FLGO ← ⎍
#1	0001	LD	Load Result Reg. Data → RR
#2	0010	LDC	Load Complement $\overline{\text{Data}}$ → RR
#3	0011	AND	Logical AND. RR · D → RR
#4	0100	ANDC	Logical AND Compl. RR · $\overline{D}$ → RR
#5	0101	OR	Logical OR. RR + D → RR
#6	0110	ORC	Logical OR Compl. RR + $\overline{D}$ → RR
#7	0111	XNOR	Exclusive NOR. If RR = D, RR ← 1
#8	1000	STO	Store. RR → Data Pin, Write ← 1
#9	1001	STOC	Store Compl. $\overline{RR}$ → Data Pin, Write ← 1
#A	1010	IEN	Input Enable. D → IEN Reg.
#B	1011	OEN	Output Enable. D → OEN Reg.
#C	1100	JMP	Jump. JMP Flag ← ⎍
#D	1101	RTN	Return. RTN Flag ← ⎍, Skip next inst.
#E	1110	SKZ	Skip next instruction if RR = 0
#F	1111	NOPF	No change in Registers RR → RR, FLGF ← ⎍

5 staan, en het resultaat (signaal C) moet op uitgang 9 ter beschikking komen. De gewenste in- of uitgang kan worden gekozen door een ADRES aan te bieden waardoor één van de in- of uitgangen met de datalijn van de ICU wordt verbonden. De uitvoering van de AND-bewerking verloopt nu als volgt:

1. Het eerste signaal (A) moet worden ingelezen en in het geheugen worden bewaard. De ICU moet hiertoe de instruktie 'LOAD' toegevoerd krijgen via de instruktie-ingang. Om signaal A op de datalijn van de ICU te zetten, moet de tweede schakelaar in de ingangskeuzeschakelaar worden gesloten. Gelijktijdig met de instruktie wordt daarom het adres '1' toegevoerd.
   Hierna mag een clock-puls worden gegeven, waarop de ICU de instruktie uitvoert en signaal A in het RR wordt bewaard.
2. Nu moet de eigenlijke AND-bewerking worden uitgevoerd. De instruktie wordt daarom veranderd in een 'AND'-bevel en het adres moet '5' worden, zodat ingang 5, waarop signaal B staat, met de datalijn wordt verbonden. Op de clock-puls voert de ICU de AND-bewerking uit op het signaal A uit zijn geheugen en het signaal B op zijn datalijn. Het resultaat C hiervan wordt bewaard in het result-register. Signaal A, dat tot nu toe in het RR was opgeslagen, gaat verloren.
3. Het resultaat C van de AND moet vervolgens naar buiten (naar uitgang 9) worden gebracht. Dit kan met behulp van een 'STORE'-instruktie. Net als de ingangen, hebben ook de 8 uitgangen een adres. Wordt adres '9' toegevoerd, dan zal via de datalijn de flipflop die bij uitgang 9 hoort, het resultaat C bewaren, waardoor het kontinu beschikbaar is op uitgang 9, ook als de ICU inmiddels weer bezig is met het uitvoeren van eventuele andere instrukties.

De datalijn van de ICU is zo ontworpen dat zowel informatie in als uit het IC kan worden getransporteerd. Zo'n bidirektionele datalijn heeft als voornaamste voordeel dat zowel de opbouw intern in het IC als de opbouw rond de ICU wordt vereenvoudigd.
De instrukties voor de ICU bestaan uit vier bits (I0 ... I3), waardoor er zestien verschillende instrukties mogelijk zijn (zie tabel II).
De adressen worden niet aan de ICU toegevoerd. Deze heeft immers maar één datalijn, zodat er niets te kiezen valt. De adressen worden daarom toegevoerd aan elektronische schakelaars die afhankelijk van de aangeboden kode één doorverbinding maken. In figuur 2 is een ingangskeuze-schakelaar met acht ingangen getekend (adressen 0 t/m 7) Voor de acht uitgangen (adressen 8 t/m F) is een IC getekend dat acht flipflops bevat. Bij een STORE-instruktie wordt de toestand van de datalijn door de geadresseerde flipflop overgenomen.



Minimum-systeem

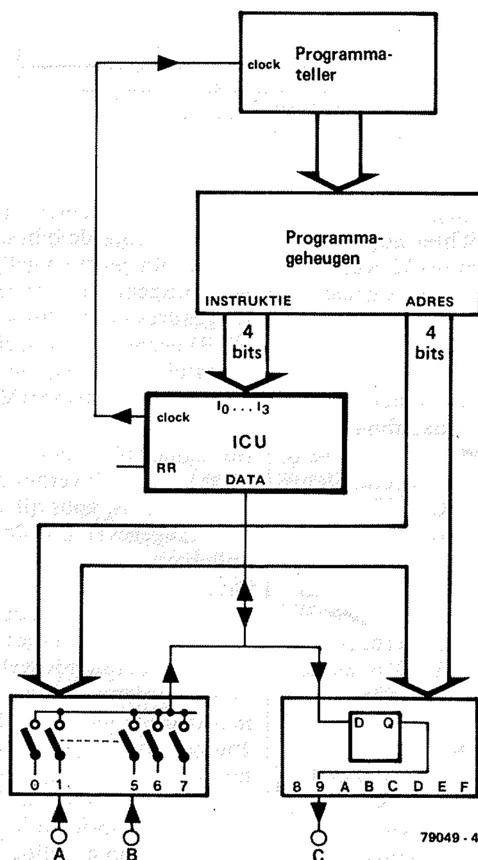
In figuur 3 is een minimum-systeem afgebeeld dat is opgebouwd volgens het blokschema van figuur 2. Het systeem beschikt over acht ingangen en acht uitgangen die tevens acht geheugenplaatsen vormen. IC3, dat als uitgang is gebruikt, is een speciaal voor dit soort toepassingen ontwikkeld IC en beschikt net als de ICU over een bidirektionele datalijn. Behalve dus dat de ICU zijn data in dit IC kan wegschrijven, is het hierdoor mogelijk dat de ICU desgewenst op een later tijdstip weer leest wat er in de flipflops is opgeslagen. Weliswaar was dit ook zonder zo'n bidirektionele datalijn mogelijk geweest (door de uitgangen van IC3 te verbinden met de ingangen van IC2), maar nu blijft de schakeling eenvoudiger en is er maar één ingangskeuzeschakelaar (IC2) nodig.
Zowel de gewenste instruktie als het adres wordt met de hand ingesteld met behulp van DIL-schakelaartjes. Hierna kan, eveneens met de hand, een clockpuls worden gegeven door S1 in te drukken. Informatie over hetgeen zich afspeelt, wordt gegeven door LED's welke via buffers (zeven stuks in één IC) op de belangrijkste punten uit de schakeling zijn aangesloten. Mocht de zaak

Tabel III.

In deze tabel zijn de bevelen links en de indikatie-LED's rechts weergegeven. Let op het clock-signaal, bij ieder bevel is hier één clock-periode (1-0-1), dus eerst een negatieve flank (= inlezen instruktie) en dan een positieve flank, vermeld om het verloop zo duidelijk mogelijk voor te stellen.

BEVEL	CODE	DIR	Clock (X 1)	DATALIJN	RR	input 1	input 5	output 9	
LD A	0001	0001	1	X	X	X	X	X	
			0	1	X	1	X	X	Lees A in
			1	X	1	X	X	X	
AND B	0011	0101	1	X	1	X	X	X	
			0	1	1	X	1	X	'AND' met B
			1	X	1	X	X	X	
STO C	1000	1001	1	X	1	X	X	X	
			0	1	1	X	X	1	Schrijf resultaat weg
			1	1	1	X	X	1	in C

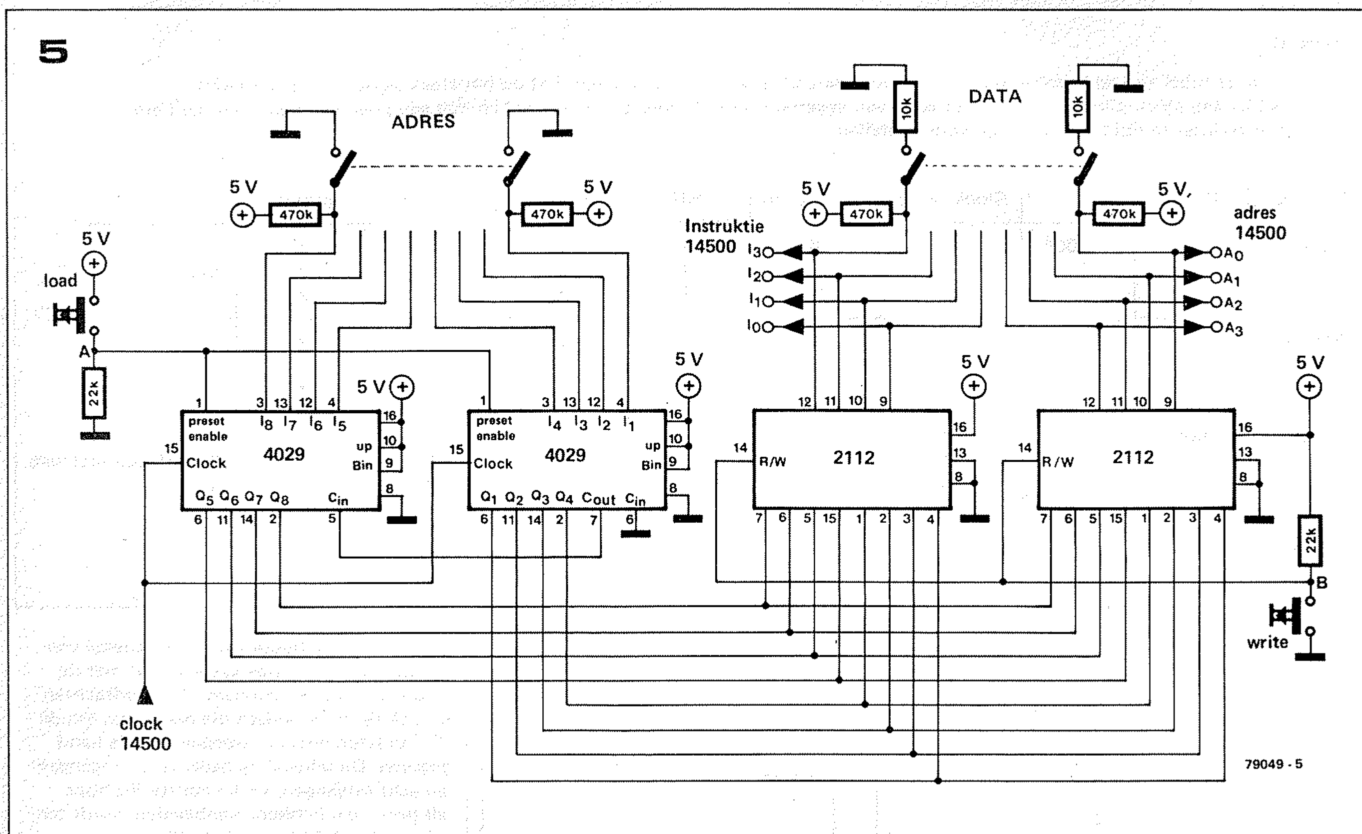
X = 1 of 0, na reset 0



Figuur 3. Deze figuur geeft een schema van het kleinste werkende systeem dat met de ICU kan worden gebouwd. Alle opdrachten en ook de clock-pulsen die nodig zijn om de ICU te laten werken, worden met de hand gegeven. De schakeling heeft zeven ingangen en acht uitgangen, welke laatste flipflops als geheugen hebben. Aanbevolen wordt tenminste drie LED's, via de buffertrappen, kontinu aan te sluiten op respektievelijk de clock-ingang, de datalijn en het result-register. De overige LED's kunnen dan naar believen worden gebruikt om de toestand aan te geven op in- of uitgangen. De clockfrekwentie voor automatisch lopen, is ongeveer 300 kHz, verkregen door een weerstand van 56k tussen de punten 13 en 14 van de ICU.

Figuur 4. Zodra de ICU is uitgebreid met een programmateller (programcounter) en een geheugen (memory) waarin de instrukties en de adressen staan, kan het systeem zelfstandig en snel werken. Let erop, dat de clock van de ICU nu ervoor zorgt, dat de programmateller steeds één stap verder gaat, waardoor de volgende plaats in het geheugen wordt aangewezen en de volgende instruktie en adres voor de ICU beschikbaar komen.

desondanks toch uit de hand dreigen te lopen, dan kan met S3 (reset) een gedefinieerde herstart worden verkregen.
Er wordt gebruik gemaakt van vier bits (A0 ... A3) voor de adressering, hetgeen inhoudt dat maximaal zestien lokaties kunnen worden gekozen, in ons geval acht ingangen en acht uitgangen. De adressering is zó opgebouwd, dat met het hoogste adresbit A3 wordt gekozen tussen de in- en de uitgang, dus tussen IC2 en IC3. Met dit A3-signaal wordt — via enkele logische poorten — de CE-ingang van IC2 en IC3 gestuurd. Als de CE-ingang (chip-enable) logisch 1 is, kan het IC werken, anders niet. Deze sturing is noodzakelijk, omdat zowel de ICU, als de ingangskeuzeschakelaar en het uitgangsgeheugen op de datalijn zijn aangesloten, en ze dus alle drie signalen op de lijn kunnen sturen. Het gevaarlijke van deze situatie is, dat zodra meer dan één IC een signaal op de lijn geeft, het signaal verminkt wordt. Adresbit 3 treedt in kombinatie met het 'write'-signaal uit de ICU op als politieagent en geeft eenduidig aan welk IC toegang krijgt tot de bus. Is een IC niet geadresseerd, dan ligt zijn uitgang niet op logisch nul of één, maar is in de z.g. tri-state, hetgeen wil zeggen dat zijn uitgang helemaal losgekoppeld is van de datalijn en dus geen invloed kan uitoefenen.
De basisopzet van het ICU-systeem komt zeer sterk overeen met die van grotere microprocessorsystemen. Al deze apparaten beschikken over een databus die gemeenschappelijk is voor een groot aantal IC's, welke met behulp van een adresbus te horen krijgen of zij al dan niet mogen meedoen.
Met het minimum-systeem is het mogelijk, het al eerder genoemde voorbeeld, de AND-bewerking, uit te voeren. Ook voor degenen, die niet van plan zijn dit systeem ooit op te bouwen, is het toch interessant eens te volgen hoe een en ander in zijn werk gaat.



Om de AND-bewerking uit te voeren, gaat men als volgt te werk:
De instrukties luiden: 1. LOAD A
2. AND B
3. STORE C

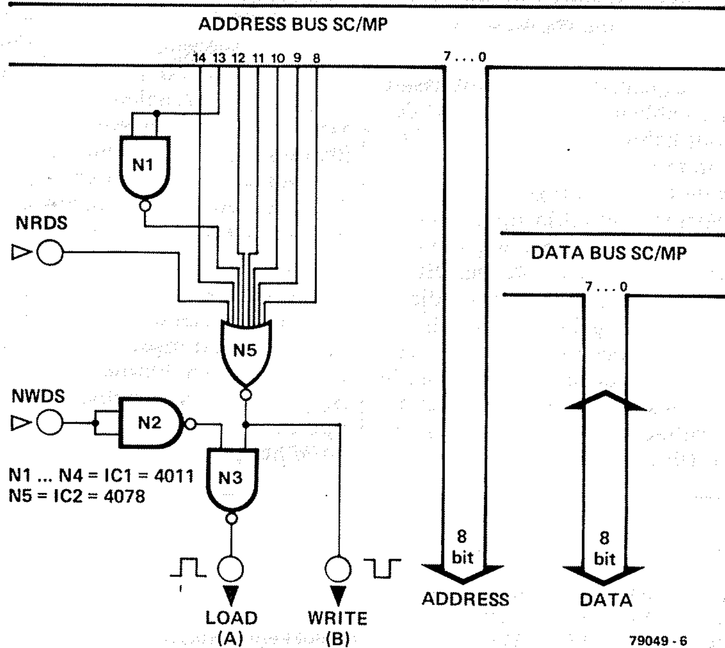
De bevelen moeten aan de hand van tabel II worden gekodeerd. Daarnaast moet ook worden doorgegeven dat A op ingang 1 staat, B op ingang 5 en C op uitgang 9. De 1 kan binair worden weergegeven met 0001; de 5 met 0101 en de 9 met 1001.
De DIL-schakelaars worden dus als volgt ingesteld:

1. 0001 0001 – dan één clock-puls geven (A wordt binnengehaald).
2. 0011 0101 – dan een clock-puls geven (A . B = C).
3. 1000 1001 – dan een clock-puls geven (C op uitgang).

Om helemaal duidelijk te maken, hoe de signalen door het systeem worden verwerkt, volgt een stap-voor-stap beschrijving (zie ook tabel III) die in het model aan de hand van de al dan niet oplichtende LED's kan worden gevolgd.
In de schakeling van figuur 3 kan nu de eerste opdracht worden ingesteld. De vier meest rechtse schakelaars worden op het adres 0001 (= 1) gezet. Dit heeft tot gevolg dat ingang 1 van IC2 is doorverbonden met de datalijn van de ICU zodra de clock laag wordt.
Ingang 1 moet nu extern met behulp van een draadje aan logisch 1 worden gelegd. Nadat ook de instruktiekode (0001 = LOAD) op de vier meest linkse schakelaartjes is ingesteld, kan de drukknop S1 worden ingedrukt. Hierdoor wordt het clock-signaal op punt 14 van de ICU laag, en de indikatie-LED van het clock-signaal dooft. Op deze negatieve flank (het clock-signaal was '1', en is nu '0') leest de ICU de instruktie 'LOAD' in. Hij wacht echter nog met de uitvoering totdat drukknop S1 weer wordt losgelaten en het clock-signaal weer hoog wordt. Op deze positieve flank wordt de datalijn ingelezen. Aangezien er een '1' op de datalijn aanwezig was, wordt die '1' ingelezen en in het RR opgeslagen. De LED, die de inhoud van het RR aangeeft, licht nu op. Hiermee is het eerste bevel geheel uitgevoerd. Het is belangrijk goed op de LED's te letten en te volgen hoe het signaal zich door de schakeling verplaatst.
De tweede instruktie (0011 = AND) en het tweede adres (0101 = 5) kunnen vervolgens worden geprogrammeerd. Omdat de tweede instruktie een 'AND' is, zullen we op ingang 5 ook een '1' aanbieden. Aangezien alle ingangen via een weerstand aan massa liggen, is dit nivo niet vanzelf aanwezig en moet dus wel met een verbinding met een logische 1 worden verkregen. Zodra de clock laag wordt, wordt ingang 5 verbonden met de datalijn en leest de ICU de instruktie 'AND' in. De datalijn-LED moet nu oplichten. Zodra de clock weer hoog wordt, voert de ICU de instruktie uit en aangezien 1 . 1 = 1, blijft er een logische 1 in het RR staan.
De derde opdracht wijkt in de uitvoering iets af. Nadat instrukties (1000 = STORE) en adres (1001 = 9) zijn ingegeven met de DIL-schakelaars en de clock-drukknop is ingedrukt, voert de ICU de instruktie onmiddelijk uit. Het onmiddelijk uitvoeren van de instruktie komt overigens alleen voor bij 'STORE'- en 'FLAG'-instrukties.[1] Het wegschrijven van de data in het uitgangsgeheugen gaat als volgt: Op de negatieve flank van de clock-puls leest de ICU de instruktie, in dit geval 'STORE', in. Nu wordt ogenblikkelijk de inhoud van het RR op de datalijn gezet en gelijktijdig wordt de write-uitgang (pen 2) van de ICU hoog. De geadresseerde flipflop (in dit geval FF 9) neemt hierdoor de toestand van de datalijn over. Op de positieve flank van de clock-puls verdwijnt de write (= schrijf)puls.
Het signaal blijft aanwezig op de datalijn, maar hier wordt verder niets mee gedaan. In tabel III is, voor dit voorbeeld, nog eens aangegeven hoe de diverse LED's oplichten.
Dit stap-voor-stap werken is voor beginners één van de prettigste eigenschappen van de ICU. Daar komt nog bij dat er maar één datalijn is welke in de gaten moet worden gehouden. Ieder zelfgemaakt programma kan hierdoor op eenvoudige wijze worden gekontroleerd, zij het, dat dit natuurlijk nogal wat tijd kost. Voor de amateur hoeft dit echter geen probleem te zijn.
Uiteraard zijn er talloze varianten mogelijk op dit simpele programma. Met name is het interessant IC3 echt als geheugen te gebruiken door er eerst in te schrijven (met een STORE-instruktie), de ICU vervolgens enkele andere bewerkingen te laten uitvoeren en daarna de bewaarde informatie weer uit het geheugen te halen (met bijv. LOAD 9). Op deze wijze is het mogelijk vertrouwd te raken met microprocessortechniek, zij het in eenvoudige vorm.

---

1. Op deze Flag-instrukties wordt hier niet ingegaan. Met behulp van een Flag-instruktie is het mogelijk een Flag-uitgang van de ICU (er zijn vier van deze uitgangen) kortstondig '1' te maken.



Figuur 5. Programmateller en programma geheugen voor de ICU. Met deze uitbreiding wordt een zelfstandig geheel verkregen, dat opdrachten kan uitvoeren. Het geheugen levert de instrukties en de adressen voor het ICU-systeem.

Figuur 6. Er is niet veel voor nodig om het programma-geheugen vanuit het SC/MP-systeem te programmeren. Met een beetje handigheid is het mogelijk de DIL-schakelaars te vervangen door een DIL-steker, waardoor alle verbindingen tot stand worden gebracht. Met de inverter N1 in adreslijn 13 lopen de adressen van 2000 tot 20FF.

Een duidelijk nadeel van het minimum-systeem is, dat het niet zelfstandig kan werken. Er is voortdurend iemand nodig die de instrukties en clock-pulsen geeft. Het ligt dan ook voor de hand, dit werk door wat elektronica te laten verrichten. Alle opdrachten kunnen daartoe in een programmageheugen worden opgeslagen (zie figuur 4). Een aparte telschakeling (de programmateller) zorgt ervoor, dat alle opdrachten achtereenvolgens aan de ICU worden aangeboden. Zodra de ICU klaar is met een opdracht, wordt via de clock-puls de programmateller een stap vooruitgezet waardoor het geheugen de volgende opdracht verstrekt.

De ICU kan dan op zijn interne clock-oscillator werken en voert alle opdrachten bliksemsnel uit. In figuur 3 bedraagt de clock-frekwentie ongeveer 330kHz, zodat iedere opdracht in 3μs (drie miljoenste-sekonde) klaar is!

Het schema van een geschikt instruktie-en adresgeheugen is in figuur 5 gegeven. Hiermee is het mogelijk, met de hand de diverse opdrachten op te slaan in het geheugen dat uit twee IC's van het type 2112 bestaat, en het volledige programma vervolgens met de interne clock-oscillator van de ICU uit te voeren. Dit geheugen bestaat uit een teller (opgebouwd met twee stuks 4029) die van 000 tot 256 telt en dan weer bij 000 begint, en de twee eigenlijke geheugen-IC's. De teller (de programma teller) telt na iedere clock-puls één stap verder en zorgt hierdoor ervoor, dat de 2112 steeds de inhoud van de eerstvolgende geheugenplaats aanbiedt aan het ICU-systeem. Daardoor is het mogelijk dat alle instrukties achtereenvolgens worden uitgevoerd. Komt de teller in zijn hoogste stand (256), dan begint de hele cyclus gewoon weer opnieuw bij 000. Om instrukties in het geheugen te zetten, gaat men als volgt te werk:

Allereerst kan men het gehele geheugen wissen (op alle plaatsen nullen schrijven) door met schakelaar 'DATA' de 2112 allemaal nullen aan te bieden en schakelaar S2 (van figuur 3) even in de stand 'run' te zetten, waarbij tevens de druktoets 'write' wordt ingedrukt. De teller krijgt nu clock-pulsen van de ICU en omdat ook 'write' is ingedrukt, leest het geheugen niets dan nullen in. Dit gebeurt zeer snel, binnen ongeveer een duizendste sekonde.

Hierna moet S2 (van figuur 3) in de stand 'single step' worden gezet, waardoor de clock-oscillator stopt.

De gewenste bewerking, bestaande uit een vier-bits instruktie en een vier-bits adres wordt nu ingesteld en in het geheugen geschreven door even op 'write' te drukken. Hierna wordt met de hand één clock-puls gegeven. De programma-teller 4029 gaat nu één stap verder en de volgende opdracht kan op dezelfde wijze worden geprogrammeerd. Nadat alle opdrachten in het geheugen zijn gegeven, kan het programma worden uitgevoerd door S2 in de stand 'run' te zetten.

Het is natuurlijk ook mogelijk met de hand steeds een clock-puls te geven om het programma stap voor stap te kontroleren met behulp van de indikatie-LED's. Daartoe zijn de tweede DIL-schakelaar en de drukknop 'load' toegevoegd.

Door deze schakelaars op bijv. 0000 0001 te zetten en op 'load' te drukken, wordt de programmateller in deze stand gezet. Bij het inlezen van een programma wordt de programmateller bij iedere instruktie met één verhoogd. Is het programma bijvoorbeeld vijf opdrachten lang, dan staat de programmateller op 005 nadat de laatste opdracht is geprogrammeerd.

Wil men nu het programma met de hand nalopen, dan zou het noodzakelijk zijn om 256 − 5 = 251 clock-pulsen te geven om weer aan het begin van het programma te komen. Omdat dit wel een beetje lastig is, is voorzien in de mogelijkheid de programmateller op iedere gewenste stand te zetten door op 'load' te drukken. Hierdoor neemt de teller de stand van de DIL-schakelaar over. In ons voorbeeld is dat dus 0000 0001, het begin van het programma.

Is het gewenst een indikatie van de stand van de programmateller en de inhoud van het geheugen te hebben, dan is de eenvoudigste manier het toevoegen van enkele buffers (ULN 2003) met LED's, op dezelfde manier als in figuur 3. Nog beter is, een indikatie met een zeven-segment display te gebruiken. De beste oplossing is, de hele schakeling aan een bestaand microprocessorsysteem te koppelen; figuur 6 geeft een voorbeeld voor een interface met het SC/MP-systeem. Het display en het toetsenbord van dat systeem worden dan gebruikt om te lezen en te schrijven in het programmageheugen van de ICU.

De kombinatie van SC/MP-systeem met ICU-systeem is niet zo vreemd als het op het eerste gezicht lijkt, omdat de ICU vaak veel geschikter is voor het uitvoeren van kleine karweitjes dan het veel grotere en duurdere SC/MP-systeem! Een bijkomend voordeel is dat de cassetteroutine van de SC/MP kan worden gebruikt om de programma's tijdelijk op te slaan.

Van een nadere bespreking van deze laatste uitbreiding wordt hier afgezien, omdat wordt verondersteld dat SC/MP-

bezitters voldoende ervaring hebben om zelfstandig het schema te begrijpen.

Praktijk

Met de gegeven schakelingen is het mogelijk de ICU te laten werken. Bij wijze van voorbeeld is in tabel IV een klein programmavoorbeeld, een knipperlicht, gegeven. Hiermee wordt tevens een zeer belangrijke kwestie aan de orde gesteld. Vrijwel iedereen zal namelijk direkt van mening zijn, dat hier sprake is van een grove verspilling van materiaal en tijd. Een knipperlicht kan immers veel eenvoudiger worden gerealiseerd dan met behulp van ongeveer tien IC's!
Dit is volkomen juist en het is daarom zaak zich op dit punt te bezinnen. Het gebruik van het ICU-systeem (en microprocessors in het algemeen) is voordelig indien:

a. het apparaat nu eens de ene, dan weer een andere funktie moet vervullen. Men kan er dan mee volstaan een ander programma te nemen.
b. bij wat ingewikkelder funkties waarvoor de schakeling erg groot zou worden.

Degenen, die gedreven door entoesiasme niet verder hebben gelezen en direkt de soldeerbout hebben gepakt om het ICU-systeem op te bouwen, zullen in hun pogingen de ICU een programma te laten uitvoeren, niet altijd zijn geslaagd. Sommige programma's, o.a. dat van de AND, zijn niet helemaal volledig. Dit komt door een tweetal instrukties die de ICU kent en die geheel nieuw zijn.
Bij de grotere en meer komplexe processors bestaat altijd de mogelijkheid om in een programma, al dan niet afhankelijk van het resultaat van een test, sprongen te maken. Dit is noodzakelijk, om de processor beslissingen te laten nemen.
Een voorbeeld:
Als signaal A '1' is, moet de rode lamp branden, anders de groene. Dit is een voorbeeld van een logische beslissing, zoals die in de praktijk veel voorkomt. De tot nu toe gebruikelijke oplossing is, over gedeelten van het programma 'heen te springen'. Afhankelijk van de uitslag van de test zet de processor zijn programmateller na de clock-puls niet één stap verder, maar b.v. tien stappen. Hierdoor wordt een stuk van het programma overgeslagen. In het overgeslagen stuk staan dan de instrukties 'laat de groene lamp branden', en 'doof de rode'. De realisatie van deze sprongen vereist echter een wat ingewikkelder opbouw, en wat meer en duurdere komponenten. Bij de ICU is daarom voor een andere oplossing gekozen: de ICU doorloopt *altijd* het programma in *dezelfde* volg-

Programmavoorbeeld

Regelno.	bevel		hey	binair		
01	ORC	RR	60	0110	0000	maak RR '1'
02	IEN	RR	A0	1010	0000	hef blokkering ingang op
03	OEN	RR	B0	1011	0000	Hef blokkering uitgang op
04	LD	C1	11	0001	0001	lees '1' in
05	XNOR	B1	7E	0111	1110	Exclusiv NOR met bit uit eerste geh. plaats
06	STOC	B1	9E	1001	1110	bezwaar het resultaat op eerste geh. plaats
07	AND	C1	31	0011	0001	genereer carry
08	STO	C2	8F	1000	1111	bezwaar carry in hulpgeheugen
09	XNOR	B2	7D	0111	1101	Excl. NOR vorige carry met tweede geh. plaats
10	STOC	B2	9D	1001	1101	bewaar resultaat op tweede geh. plaats
11	AND	C1	3F	0011	1111	genereer nieuwe carry
12	STO	C2	8F	1000	1111	bewaar nieuwe carry in hulpgeheugen
13	XNOR	B3	7C	0111	1100	
14	STOC	B3	9C	1001.	1100	
15	AND	C2	3F	0011	1111	
16	STO	C3	8F	1000	1111	
17	XNOR	B4	7B	0111	1011	
18	STOC	B4	9B	1001	1011	
19	AND	C3	3F	0011	1111	
20	STO	C4	8F	1000	1111	
21	XNOR	B5	7A	0111	1010	
22	STOC	B5	9A	1001	1010	
23	AND	C4	3F	0011	1111	
24	STO	C5	8F	1000	1111	
25	XNOR	B6	79	0111	1001	
26	STOC	B6	99	1001	1001	
27	AND	C5	3F	0011	1111	
28	STO	C6	8F	1000	1111	
30	XNOR	B7	78	0111	1000	
31	STOC	B7	98	1001	1000	
32	ANDC	RR	40	0100	0000	Maak RR = 0
33	IEN	RR	A0	1010	0000	blokkeer ingang
34	OEN	RR	B0	1011	0000	blokkeer uitgang

Het vinden van goede programmavoorbeelden is niet zo eenvoudig. Het hier gegeven programma is niet te groot, en er gaan twee LED's knipperen zodat een duidelijke indikatie wordt verkregen. In feite is het een telprogramma, waarmee direkt wordt aangetoond dat zelfs een simpel ding als de ICU eenvoudige rekenkundige bewerkingen kan uitvoeren.
Het programma is 34 stappen lang. De andere 222 plaatsen kunnen voor eigen programma's worden gebruikt. De werking is (beknopt) als volgt: Elke keer, dat het programma wordt doorlopen, wordt er één opgeteld bij de inhoud van het werkgeheugen (IC3). Aangezien dit geheugen uit acht plaatsen bestaat, waarvan er echter één als hulpgeheugen nodig is, kan er tot 2^7, oftewel tot 128 worden geteld. Bij een klokfrekwentie van ongeveer 300kHz en een programmateller met 256 stappen wordt het programma iedere 0,9 ms ($256 \times 3{,}33\mu s$) doorlopen en één opgeteld. LED 8, die de inhoud van het geheugen 8 aangeeft, knippert dan in een ritme van $128 \times 0{,}9 = 109$ ms, hetgeen iets minder dan 10 Hz is.
Het vermeerderen van de tellerstand met één (dit wordt ook wel incrementeren genoemd) werkt als volgt:
Bij het optellen van twee bits zijn er vier mogelijkheden: $0 + 0 = 0$, $1 + 0 = 1$, $0 + 1 = 1$ en tenslotte $1 + 1 = 0$.
Alleen in het laatste geval moet er een carry = 1 ontstaan. De hierboven beschreven funktie kan worden gerealiseerd met het XNOR bevel, hierbij ontstaat steeds een '1', als de beide bits gelijk zijn. Met behulp van een 'STOC' wordt het resultaat geïnverteerd, waardoor precies de gewenste funktie ontstaat.
De carry wordt met behulp van een AND bevel gegenereerd. Een carry moet immers alleen ontstaan indien het resultaat van de XNOR 1 was (dus wanneer beide bits gelijk waren aan n) én wanneer een van beide bits 1 was.
De optelling wordt steeds uitgevoerd met één bit uit het geheugen, dat wordt gekombineerd met de carry van de voorafgaande optelling.
Bij het begin van de optelling is er nog geen carry van het voorafgaande bit, daarom wordt hiervoor een '1' genomen die aan ingang 1 moet worden aangelegd. Ligt hier een '0', dan telt de schakeling nullen op en verandert er niets aan de stand van de teller.
In formule kan e.e.a. zo worden weergegeven:
$S_n = B_n + C_n$ en $C_{n+1} = \overline{S_n}.B_n$
waarbij n de waarde 1 t/m 7 heeft in ons geval. Omdat zo'n formule niet op het eerste gezicht duidelijk is, even een voorbeeld:

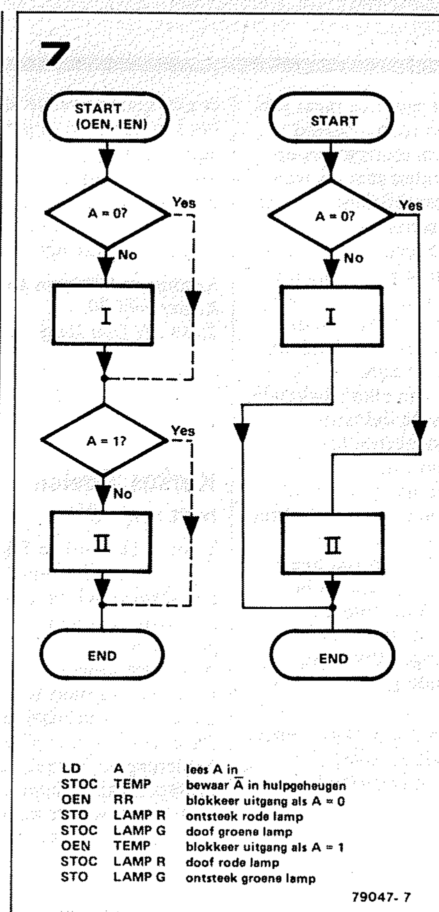
Bit 1	1	
Carry 1	1	+
Som 1	0	

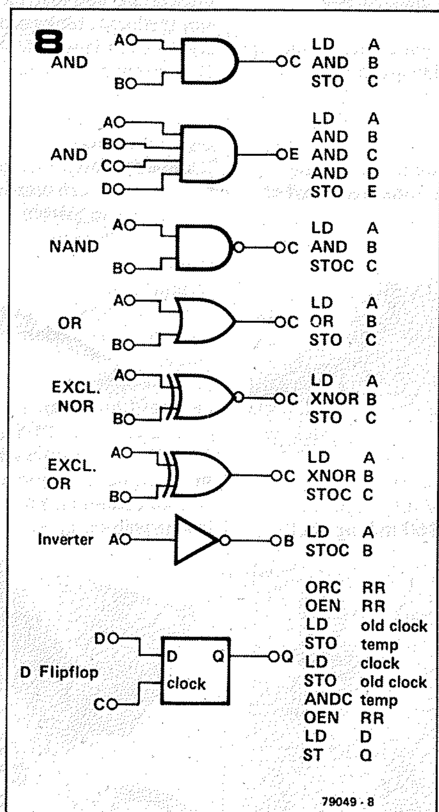
Carry 2 = $\overline{\text{Som 1}}$. Bit 1.

$\overline{0} . 1 = 1 . 1 = 1$

orde, maar voert, afhankelijk van het resultaat van de test, de instrukties *al of niet* uit. Hiertoe beschikt de ICU over twee instrukties: nl. 'OEN' en 'IEN'
De werking van deze twee instrukties is als volgt:
Wanneer de instruktie IEN (input enable) wordt gegeven en er is een '0' aanwezig op de datalijn, dan wordt voor alle volgende instrukties de data-ingang gesperd. Anders gezegd, ongeacht wat er op de datalijn wordt aangeboden, de ICU leest *altijd* logisch nul in. Deze toestand blijft gehandhaafd totdat er opnieuw een IEN wordt gegeven, waarbij dan een '1' op de data-ingang aanwezig moet zijn. Hierna werkt de ICU weer gewoon en leest in wat er werkelijk op de data-ingang wordt aangeboden.
De OEN (output enable) instruktie werkt overeenkomstig, zij het, dat de data wel door de ICU op de datalijn worden gegeven, maar dat de bijbehorende WRITE impuls ontbreekt. Hierdoor kunnen de data niet in het uitgangsgeheugen worden geschreven en aan de toestand van de uitgangen van het ICU-systeem verandert dus niets. Met behulp van IEN en OEN is het zo mogelijk hele stukken van het programma over te slaan doordat de ICU eenvoudig niets met de data doet.
De gang van zaken kan nog aan de hand van figuur 7 worden verduidelijkt. Hier wordt als eerste de test uitgevoerd 'is A logisch 0?'. Dit gaat als volgt in zijn werk: eerst wordt A in een hulpgeheugen ('temp') opgeslagen om naderhand gemakkelijk de tweede test ('A = 1?') te kunnen uitvoeren. Dan volgt de eigenlijke test, de instruktie OEN RR. In het result-register staat A (vanwege bevel 1: LD A), dus als A = '0', wordt de OEN uitgevoerd met een '0' op de datalijn. Zoals hiervoor is uiteengezet, houdt dit in, dat de ICU nu géén schrijfimpulsen meer afgeeft, waardoor de inhoud van de uitgangsflipflops onveranderd blijft. De bevelen 4 en 5 worden dus niet uitgevoerd. Bij bevel 6 komt de ICU wéér een OEN tegen. De OEN-instruktie wordt uitgevoerd met het signaal 'temp', dat het komplement van A (in dit voorbeeld dus '1') is. De blokkering van de WRITE-impulsen wordt hierdoor opgeheven en alle volgende instrukties worden wel uitgevoerd. Was signaal A in plaats van '0' logisch '1' geweest, dan zouden de opdrachten 4 en 5 wel, en de opdrachten 7 en 8 niet zijn uitgevoerd. Op deze wijze is het mogelijk, zonder dat hiervoor de schakeling ingewikkelder behoeft te zijn, 'sprongen' in het programma te maken.

Bij het starten van een programma moet altijd rekening worden gehouden met IEN en OEN. De ICU is n.l. zó ontworpen, dat, nadat een reset is gegeven met de setknop, zowel IEN als OEN '0' zijn, waardoor de ICU dus schijnbaar geen instrukties uitvoert. Ieder programma moet daarom beginnen met het '1' maken van IEN en OEN. Op het eerste gezicht lijkt dit een onmogelijkheid, omdat er niet altijd gegarandeerd een '1' op een van de





handigheidje wordt dit probleem echter omzeild.
De instruktie ORC RR (OR-komplement met het result-register) zal n.l. *altijd* een logische '1' tot gevolg hebben in het result-register. Dit is volkomen begrijpelijk indien men zich realiseert wat deze instruktie inhoudt. Bij een OR-komplement wordt op de inhoud van het result-ingangen zal staan. Met een klein register en op het geïnverteerde datasignaal een logische 'OR' uitgevoerd. Het datasignaal is in dit geval echter gelijk aan het signaal uit het result-register. Eén van beide, ofwel het RR-signaal òf het geïnverteerde hiervan, is altijd logisch 1. In formule weergegeven: $RR + \overline{RR} = 1$
Op deze wijze is het mogelijk, ongeacht de beginstoestand, een '1' te kreëren in het result-register. Het is nu voldoende IEN en OEN RR bevelen te geven om het systeem te laten funktioneren.
Ieder programma moet dus beginnen met:

```
ORC  RR
IEN  RR
OEN  RR
```

(in het minimum-systeem is het result-register met ingang nul, dus met adres 0000, verbonden).
De beginnende programmeur zal deze startroutine beslist wel eens vergeten, dit tot grote vreugde van eventuele omstanders, die de demonstratie dan volledig de mist in zien gaan.
Het is ook aan te raden elk programma af te sluiten met het blokkeren van IEN en OEN. Dit laatste is alleen dan niet nodig, als men er zeker van is dat in het programmageheugen verder geen geldige instrukties voorkomen. OEN en IEN met logisch '0' laden, gaat op overeenkomstige wijze: ANDC RR maakt het result-register *altijd* nul, waarna de instrukties OEN RR en IEN RR kunnen worden gegeven.
Behalve de beschreven AND-bewerking kunnen nog andere bewerkingen worden uitgevoerd. In figuur 8 zijn nog enkele voorbeelden daarvan gegeven. ◼

Literatuur:
MC14500B, Industrial Control Unit Handbook, Motorola Semiconductor Products Inc.

Figuur 7. De twee flow-diagrammen geven schematisch weer hoe een beslissing wordt uitgevoerd bij de ICU (figuur b) en bij 'gewone' mikroprocessors. Het programma bevat de blokken I en II, waarin de opdrachten (zoals rode lamp wel, groene lamp niet branden etc.) staan. Een normaal systeem slaat een blok over door direkt met behulp van de programmateller naar het gewenste blok te springen, terwijl de ICU alle blokken doorloopt, maar van een blok de opdrachten niet uitvoert. De bevelen voor de ICU zijn naast het flow-diagram geschreven om aanschouwelijk te maken, hoe eenvoudig het programmeren is, indien eenmaal het flow-diagram beschikbaar is.

Figuur 8. In deze figuur zijn enige voorbeelden gegeven van de programmeermethode welke bij de ICU wordt gevolgd. Uit het laatste voorbeeld blijkt, dat het ook mogelijk is bouwstenen van een wat hogere orde, zoals een flipflop, na te bootsen.

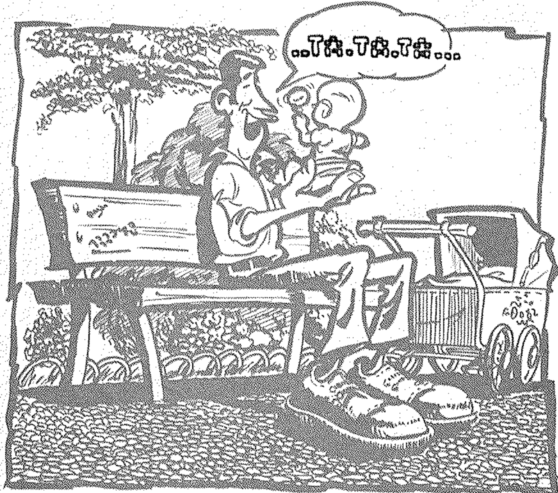
elektuur

KURSUS BASIC

A1

BASIC (DEEL 1)

BASIC werd ontwikkeld als een programmeertaal voor mensen die een computer willen gebruiken voor het oplossen van allerlei problemen zonder daarvoor ook een uitgebreide kennis van het computersysteem nodig te hebben. Sinds de ontwikkeling van deze 'taal' op het Dartmouth College in de Verenigde Staten aan het begin van de jaren zestig, heeft BASIC een steeds belangrijkere positie tussen de gangbare programmeertalen verworven. Vooral sinds de hobbycomputermarkt zich (speciaal in de VS) sterk begon te ontwikkelen, nam de populariteit van BASIC een grote vlucht.
De naam BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) wekt wellicht de indruk dat BASIC geen volwaardige programmeertaal zou zijn. Niets is minder waar; BASIC is weliswaar eenvoudig in zijn taalgebruik, maar de kwaliteiten zijn zodanig dat een universeel (All-purpose) gebruik van de taal mogelijk is. De populariteit en vooral ook de eenvoud van BASIC vormen goede redenen om een kursus aan deze programmeertaal te wijden.
De kursus bestaat uit vier (uitneembare) delen. Om de studie te vergemakkelijken wordt elke aflevering afgesloten met een aantal opgaven, die in de volgende aflevering zullen worden uitgewerkt. Tevens is aan ieder deel een lijst van 'moeilijke woorden' toegevoegd.



Inleiding
tot een eenvoudige programmeertaal

Alle microcomputergebruikers zijn het er over eens dat programmeren in machinetaal nu niet bepaald de eenvoudigste weg is om tot een programma te komen. Het is dan ook geen wonder dat steeds vaker vertaalprogramma's worden toegepast, die het werken met hogere programmeertalen zoals BASIC en Fortran mogelijk maken. Met name het gebruik van een BASIC-taal op een 'Personal Computer' of een ontwikkelingssysteem behoort tegenwoordig meestal tot de standaardmogelijkheden van dergelijke systemen.
Naast de vrij uitgebreide BASIC-taal is ook Tiny BASIC zeer populair; dit is een variant van de oorspronkelijke Dartmouth BASIC met als grootste verschil minder rekenkundige mogelijkheden. Niettemin is ook Tiny BASIC een zeer bruikbare programmeertaal voor eenvoudige programma's. Tiny BASIC is in de eerste plaats bedoeld als programmeertaal voor microcomputers. Het toenemen van de populariteit van de microcomputer heeft geleid tot het ontstaan van nieuwe varianten van zowel Dartmouth als Tiny BASIC. Inmiddels is bij vrijwel iedere producent van microprocessoren en/of microcomputers een versie van BASIC beschikbaar. Iedere versie vertoont kleine afwijkingen t.o.v. de oorspronkelijke Dartmouth en Tiny BASIC voorstellen, zodat er nu enige tientallen varianten (dialekten) van BASIC bestaan. Eén van deze varianten is NIBL, de Tiny BASIC die National Semiconductor voor de SC/MP-microprocessor heeft ontwikkeld.

Van BASIC naar machinetaal

BASIC is, zoals iedere hogere programmeertaal, niet gebonden aan een bepaald type computer: BASIC is machine-onafhankelijk. Iedere computer heeft echter zijn eigen machinetaal en deze taal verschilt sterk van computer tot computer.
Het BASIC-programma moet altijd eerst in zijn geheel of regel voor regel omgezet worden in voor de computer begrijpelijke taal. Dit omzetten is een taak die uitstekend door de computer zelf kan worden uitgevoerd. Dit houdt echter wel in dat er dan een programma in machinetaal moet zijn dat in staat is de BASIC-instructies in machinetaal om te zetten. Over het algemeen wordt geprobeerd zo'n vertaalprogramma zo klein mogelijk te houden, omdat het vertaalprogramma de voor de gebruiker resterende geheugenruimte verkleint. Het beperken van de omvang van het vertaalprogramma heeft uiteraard ook een beperking van de mogelijkheden tot gevolg.
Het vertaalprogramma wordt aangepast op de mogelijkheden van de computer. Ieder vertaalprogramma is dus niet alleen gebonden aan een bepaald type (micro-)computer, maar ook aan een bepaald BASIC-dialekt.
De vertaling van BASIC-programma's naar machinetaal kan op twee manieren geschieden.

Compiler

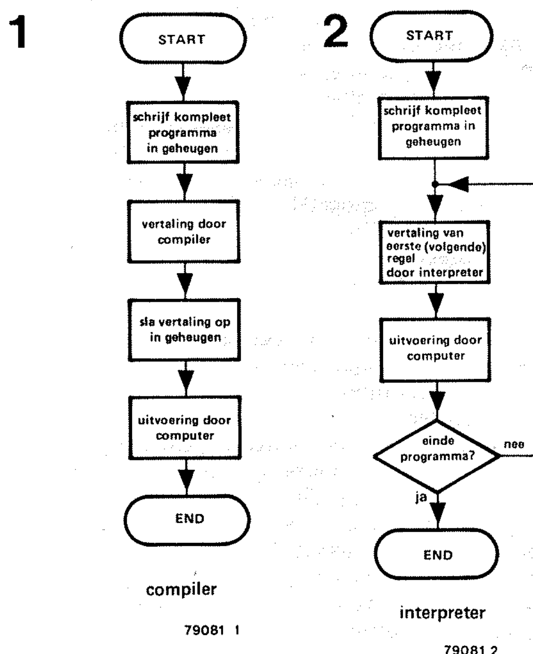
De snelste metode vertaalt het gehele BASIC-programma naar machinetaal op een zo effektief

BASIC (DEEL 1)

mogelijke wijze, waarna vervolgens met de uitvoering van het eigenlijke programma kan worden begonnen. Hier wordt het BASIC-programma dus in twee fasen afgewikkeld. Een vertaalprogramma dat volgens deze metode werkt, wordt **'compiler'** genoemd (zie figuur 1).
Na het vertalen van het programma door de compiler is het mogelijk het vertaalde programma steeds opnieuw te gebruiken (een groot voordeel), zonder telkens de compiler als vertaler te moeten inschakelen. Het resultaat van het compileren staat namelijk in het geheugen.

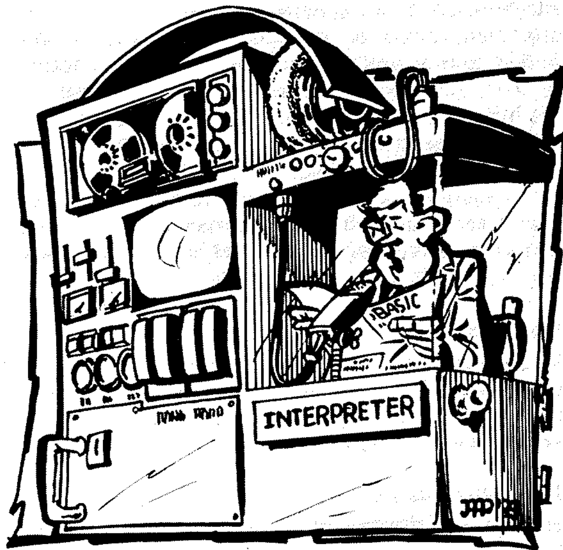
Interpreter

Bij de tweede metode ligt dat duidelijk anders. Hier wordt het BASIC-programma regel voor regel door het vertaalprogramma uitgevoerd (zie figuur 2). Het vertaalprogramma, in dit geval **'interpreter'** (tolk) genoemd, 'bekijkt' één voor één de kommando's op een programmaregel en voert deze direkt uit door delen van zijn eigen programma uit te voeren.
De BASIC-interpreter kan dus worden beschouwd als een pakket subroutines (in machinetaal) met een besturingsprogramma, dat voor elke BASIC-instruktie bepaalt welke routine dient te worden uitgevoerd.



Figuur 1. De werking van een compiler wordt enigszins door deze figuur verduidelijkt. Na het schrijven van het programma volgt na een vertaalfase de uitvoering van het programma.

Figuur 2. Een interpreter volgt een totaal andere werkwijze als een compiler. De vertaling van het programma wordt door de interpreter regel voor regel gedaan.



Voordelen van de interpreter

Deze vertaalmetode heeft zowel voor- als nadelen. Een voordeel is dat bij een foutief taalgebruik ('syntax error') een interpreter direkt met een foutmelding zal komen. Zo'n fout kan dan terstond worden gekorrigeerd door de programmeur, waarna het programma opnieuw kan worden beproefd. Ook kunnen zeer korte programma's, bijv. eenvoudige berekeningen, worden uitgevoerd alsof de computer een normale rekenmachine is.

De nadelen van een interpreter

Vooral bij wat grotere programma's heeft de interpreter een duidelijk nadeel t.o.v. de compiler. Subroutines, die meermalen worden doorlopen, worden door de interpreter telkens opnieuw vertaald (en dat kost tijd) terwijl dit bij een compiler maar één maal nodig is. De compiler zal dus wanneer eenmaal een foutloos programma beschikbaar is, een sneller aflopen van het programma tot gevolg hebben.
Een tweede, weliswaar minder zwaar wegend nadeel is de noodzaak om de interpreter permanent op het computer-systeem beschikbaar te hebben. Dit komt doordat de interpreter direkt bij de uitvoering van een programma is betrokken.

De keuze van een BASIC-compiler of -interpreter is echter niet in de eerste plaats een kwestie van het afwegen van voor- en nadelen. Er zal in het algemeen worden gewerkt met de programma's die door de diverse fabrikanten van computers en microprocessors worden aangeboden, tenzij men van plan is het benodigde programma (in machinetaal) zelf te schrijven. De voor BASIC aangeboden vertaalprogramma's zijn over het algemeen interpreters.

Programmadokumentatie

Het schrijven van een programma heeft, hoe kan het anders, een bepaald doel; hierdoor is het

BASIC (DEEL 1)

mogelijk de te bewandelen weg van te voren uit te stippelen. Zoals er meerdere wegen naar Rome leiden, zijn er ook vele manieren om een computer de verlangde 'aktie' te doen uitvoeren. Men zal dus uit het skala aan mogelijkheden een keuze moeten doen. De gekozen 'weg' kan worden opgetekend in de vorm van een zogenaamde flowchart. Voordat begonnen wordt met de verklaring van de eerste eenvoudige BASIC-kommando's is derhalve een korte uiteenzetting over het begrip 'flowchart' (of 'flow-diagram') op zijn plaats.

Flowchart

De flowchart geeft het verloop en de struktuur van een programma weer en is te vergelijken met een blokschema, dat een indruk geeft van de werking van een elektronische schakeling.

Het nut van de flowchart

Hoewel een flowchart in eerste instantie aan de basis van een programma staat, weegt de dokumentatieve funktie eigenlijk nog zwaarder. De flowchart kan na het voltooien van een programma grotendeels de funktie van een gebruiksaanwijzing overnemen, omdat de werking van een programma direkt uit een flow-diagram is af te leiden. Deze eigenschap is vooral van groot belang wanneer een programma langere tijd niet wordt gebruikt (en men dus de werking is vergeten) of wanneer een ander de werking van het programma duidelijk moet worden gemaakt.

Komponenten van de flowchart

Voor het tekenen van een flowchart wordt van een aantal standaardsymbolen gebruik gemaakt. Voorlopig zullen we ons beperken tot het introduceren van de gangbare tekensymbolen. Het gebruik van deze symbolen zal in het verdere verloop van de kursus aan de hand van de daarin gebruikte voorbeelden vanzelf duidelijk worden.

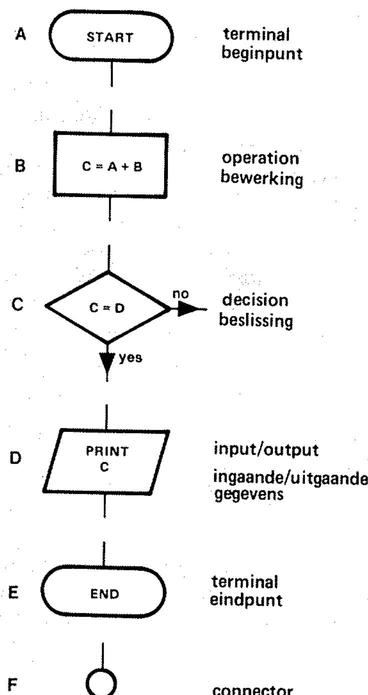
Figuur 3 geeft een overzicht van de meest gebruikte symbolen. Het flow-diagram wordt altijd voorafgegaan door een beginaanwijzing (figuur 3a), in het gebruikelijke Engelse vakjargon 'terminal' genoemd. Met een soortgelijk teken wordt een flow-diagram ook afgesloten (3e). De bewerkingen die in een programma plaats vinden, worden aangegeven met het door figuur 3b getoonde blok, met daarin vermeld om welke bewerking (operation) het gaat. Om ruimte te besparen worden hier niet alle deelbewerkingen aangegeven, maar alleen die bewerkingen die voor de grote lijn van het programma noodzakelijk zijn. Wanneer deze beperking niet wordt doorgevoerd, zal vooral bij programma's die meerdere pagina's beslaan al spoedig het overzicht worden verloren.

Het verloop van een programma wordt beïnvloed door de resultaten van berekeningen of vergelijkingen, zoals bijvoorbeeld in figuur 3c, waar C wordt vergeleken met D. Wanneer deze beide faktoren ongelijk aan elkaar zijn, zal dit een ander programmaverloop hebben dan wanneer de beide faktoren aan elkaar gelijk zijn. Het programma zal op dit punt dus een beslissing (decision) nemen, die bepalend is voor het verdere verloop van het programma. Het in figuur 3c getoonde blok wordt niet alleen voor vertakkingen in twee richtingen gebruikt. Een vergelijking kan ook het resultaat > (groter dan), = (is gelijk) of < (kleiner dan) hebben. In zo'n geval is een vertakking in drie richtingen mogelijk. Ook vergelijkingen op andere wijze zijn nog mogelijk, deze komen vanzelfsprekend in het daarvoor bedoelde hoofdstuk aan de orde.

Op diverse punten in een programma zal de programmeur willen weten wat het resultaat is van een tussentijdse berekening of van een door de computer uitgevoerde test. Hiervoor kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de meestal met de computer gekoppelde terminal of video display unit (VDU), die de gewenste resultaten zichtbaar kan maken. In het flow-diagram wordt voor het aangeven van deze handeling gebruik gemaakt van figuur 3d. Deze figuur wordt ook toegepast wanneer in een programma het ingeven van informatie is gewenst.

De omvang van een programma omvat soms meer dan één pagina met flow-diagrammen. Delen van een flow-diagram, die verspreid zijn over meerdere pagina's, kunnen met elkaar worden verbonden door gebruik van het in figuur 3f weergegeven koppelteken. Zoals aan het begin van dit hoofdstukje al is gesteld, zal het gebruik van deze tekensymbolen aan de hand van de noodzakelijke voorbeelden vanzelf duidelijk worden.

3

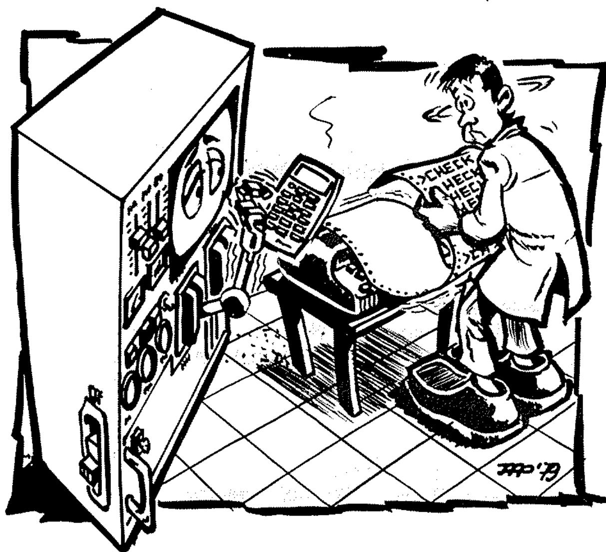


Figuur 3. De komponenten van het flow-diagram.

BASIC (DEEL 1)

Calculator of computer?

Calculators zijn tegenwoordig al vanaf ca. f 15,-- te koop en al deze goedkope rekenmachientjes hebben ongeveer dezelfde mogelijkheden. Zij beschikken over de vier zogenaamde basisfunkties, namelijk optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Soms is ook een geheugen aanwezig (voor één getal), maar dat is voor dit verhaal niet zo belangrijk. Uiteraard zijn berekeningen die van de vier basisfunkties gebruik maken ook met een computer uit te voeren. Zoals verderop in de



kursus zal blijken, zijn met een computer zelfs nog veel komplexere berekeningen uit te voeren. Terecht natuurlijk, anders zou de computer overbodig zijn en kon worden volstaan met eenvoudige rekenmachientjes. Het eerste verschil dat opvalt tussen calculator en computer is het toetsenbord. Bij een calculator vormt het toetsenbord een vast onderdeel van het apparaat. Bij een computer kan het toetsenbord hier volledig los van staan. Het kommuniceren met een computer gebeurt namelijk met behulp van een in- en uitvoerapparaat dat luistert naar de naam 'terminal' (niet te verwarren met het begin en eind van een flow-diagram).
De terminal maakt het mogelijk met de computer te 'praten'. Het toetsenbord van zo'n terminal lijkt veel op dat van een normale typemachine en tot op zekere hoogte heeft de terminal dan ook een nauwe verwantschap met dit schrijfgereedschap. Soms typt de terminal ook op normaal papier, vaak echter verschijnt de tekst op de beeldbuis van een videodisplay, dat dan samen met het toetsenbord de terminal vormt.
Het tweede grote verschil ligt in de weergave van de resultaten van elke berekening. De calculator heeft een cijferdisplay voor dit doel. Een computer zal het resultaat echter keurig uittypen of weergeven op de beeldbuis van een videodisplay, wanneer hij daartoe opdracht krijgt. Een voorbeeld van een videoterminal is de in november en december van het afgelopen jaar gepubliceerde 'Elekterminal'.

Prompts: de computer meldt zich . . .

Aangenomen dat we de beschikking hebben over een eenvoudige computer met BASIC-interpreter en een terminal, dan zal deze interpreter er voor zorgen dat de computer zich meldt, zodra dit vertaalprogramma wordt gestart. De wijze waarop dit starten dient te gebeuren verschilt van computer tot computer. Soms is het voldoende om de voedingsspanning in te schakelen en op de resetknop te drukken (zoals bij de Elektuur NIBL-computer het geval zal zijn), soms moet een wat omslachtigere startprocedure worden gevolgd. Het bij de computer of de interpreter behorende instruktieboek levert hierover de gewenste informatie.
De wijze waarop de computer zich meldt is uiteraard weer afhankelijk van de interpreter; meestal wordt deze melding zo kort mogelijk gehouden om geheugenruimte te sparen.
Enige voorbeelden van meldingen zijn:

```
ROM BASIC 1.0
READY
#
```

```
DCE TINY BASIC V1.0
OK
>
```

De eerste melding is afkomstig van een BASIC-interpreter voor de Motorala M6800 microprocessor. De tweede melding wordt geleverd door een Tiny BASIC interpreter, bedoeld voor de 8080-systemen van DCE. In deze gevallen is de melding nog vrij uitgebreid. De AMI S6800 Tiny BASIC interpreter volstaat met het afdrukken van een dubbele punt (colon = :) aan het begin van een nieuwe regel. NIBL meldt zich eveneens zeer kort, maar dan met het 'groter dan' teken (>) aan het begin van een nieuwe regel. De tekens : # en > aan het begin van een nieuwe regel worden 'prompts' genoemd. **Een prompt geeft aan, dat de interpreter klaar staat om informatie op te nemen.**
Ook hier kan weer worden gesteld, dat het bij de interpreter of computer behorende instruktieboek de gewenste informatie zal kunnen verschaffen over de wijze waarop de betreffende interpreter zich meldt.

Programmaregels

In iedere hogere programmeertaal is het noodzakelijk een programma te noteren in de vorm van **genummerde** regels; dus ook in BASIC. Op een regel kunnen een of meerdere handelingen achter elkaar worden opgesomd. Als op dezelfde regel meerdere handelingen achter elkaar worden opgesomd, dienen deze t.b.v. de interpreter gescheiden te worden door een colon (:).
Een programma eindigt altijd op END, hetgeen de computer duidelijk maakt dat het programma is afgelopen.

BASIC (DEEL 1)

Een programma kan er dus als volgt uitzien:

10 OPDRACHT 1
20 OPDRACHT 2
30 OPDRACHT 3
35 OPDRACHT 4: OPDRACHT 5
40 OPDRACHT 6
50 END

Het is gebruikelijk om de eerste regel het nummer tien te geven en alle volgende regels een nummer dat telkens tien hoger is. Waarom deze grote afstand tussen de regelnummers? Meestal is een programma, tenzij het zeer eenvoudig is, in het begin niet volledig en moeten naderhand regels toegevoegd worden om het programma kompleet te maken of te korrigeren. Door nu de regels met enige afstand te nummeren bestaat de mogelijkheid om later regels in te voegen met een nummer dat tussen twee regels inligt (zie het voorbeeld: regelnummer 35). In het ergste geval kunnen zelfs negen regels worden toegevoegd, zonder dat het hele programma opnieuw moet worden geschreven. De interpreter draagt er zorg voor dat later toegevoegde regels op de juiste plaats in het programma terecht komen. De computer werkt bij uitvoering (exekutie) van het programma de regels af in de volgorde van de regelnummers. Hiermee is meteen het nut van het nummeren van de regels verklaard. Ook is het mogelijk een regel te wijzigen of zelfs geheel te laten vervallen. De procedure hiervoor is zeer eenvoudig. Wanneer een regel gewijzigd moet worden, dan is het voldoende om opnieuw het regelnummer in te typen en vervolgens de gewijzigde tekst in te brengen. Het laten vervallen van een regel gebeurt door het intypen van het regelnummer gevolgd door het indrukken van de CR-toets (carriage return = wagen terug).

Deze CR-toets speelt trouwens een vrij belangrijke rol tijdens het programmeren. Wanneer een programmaregel vol is, of wanneer men met een volgende regel wil beginnen, dan wordt de regel **altijd** afgesloten met een CR (carriage return). De interpreter zal hierop reageren met een prompt, waarna een nieuw regelnummer en vervolgens de volgende programmaregel kan worden ingegeven.

Het intypen van programmaregels zonder dat deze voorafgegaan worden door een regelnummer is ook toegestaan. Een dergelijke regel zal na de CR direkt door de interpreter worden uitgevoerd. Op deze wijze kan de computer gebruikt worden als rekenmachine wanneer eenmalig een bepaalde, korte berekening moet worden gemaakt.

N.B.: Op deze manier kan met NIBL slechts één opdracht per regel uitgevoerd worden. Als er meerdere opdrachten op één regel staan, gescheiden door een dubbele punt (:), voert NIBL slechts de eerste uit. In een programma (dus met regelnummer) worden ze wel allemaal uitgevoerd.

Uit het feit dat het woord berekenen tot nu toe zo vaak is gevallen, zou kunnen worden afgeleid dat een computer in de eerste plaats bedoeld is voor het uitvoeren van berekeningen. Niets is minder waar! De rekenmogelijkheden van een computer worden wel echter vrijwel altijd gebruikt tijdens de uitvoering van een programma. In het bijzonder in programma's die een spel-element herbergen, zoals computerschaak of mastermind(tm), worden de rekenkundige mogelijkheden van de computer uitgebuit.

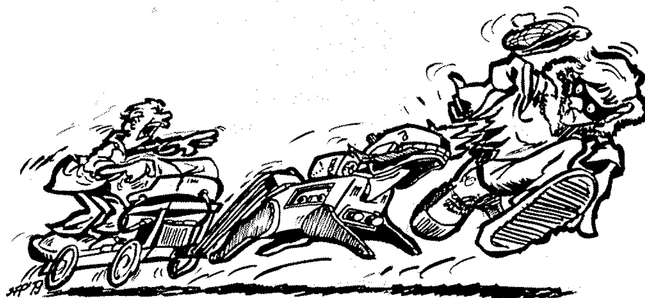
Statements

Net als iedere andere taal bestaat ook BASIC uit woorden. De woorden die in BASIC worden gebruikt, zijn afkomstig uit het Engels of zijn opgebouwd uit samentrekkingen van Engelse woorden. De woordenschat van BASIC is beperkt en eenvoudig, zodat het leren programmeren in BASIC ook zonder kennis van de Engelse taal mogelijk is. Een woord in een programmeertaal is een aanwijzing voor de computer om een bepaalde handeling te verrichten. Dergelijke aanwijzingen worden 'statements' genoemd. De statements die in de eerste twee delen van deze kursus worden behandeld komen zowel in de 'gewone' BASIC-dialekten als in de diverse Tiny BASIC's voor. Toepassing en gebruik van deze statements in zowel BASIC als Tiny Basic zijn indentiek, waardoor het mogelijk is de beschrijving van de twee soorten BASIC als het ware in elkaar over te laten lopen.

Als voorbeeld van een Tiny BASIC zal NIBL worden aangehaald, hoewel dit weinig nodig zal blijken te zijn aangezien het 'taalgebruik' in NIBL vrijwel geheel beantwoordt aan de standaardafspraken voor BASIC.

PRINT en RUN

Een eenvoudige berekening uitgevoerd op een calculator levert meteen het zichtbare antwoord op op het display van de calculator. Heel anders ligt dit bij de computer. Zolang de computer niet de opdracht krijgt om het resultaat van bijvoor-

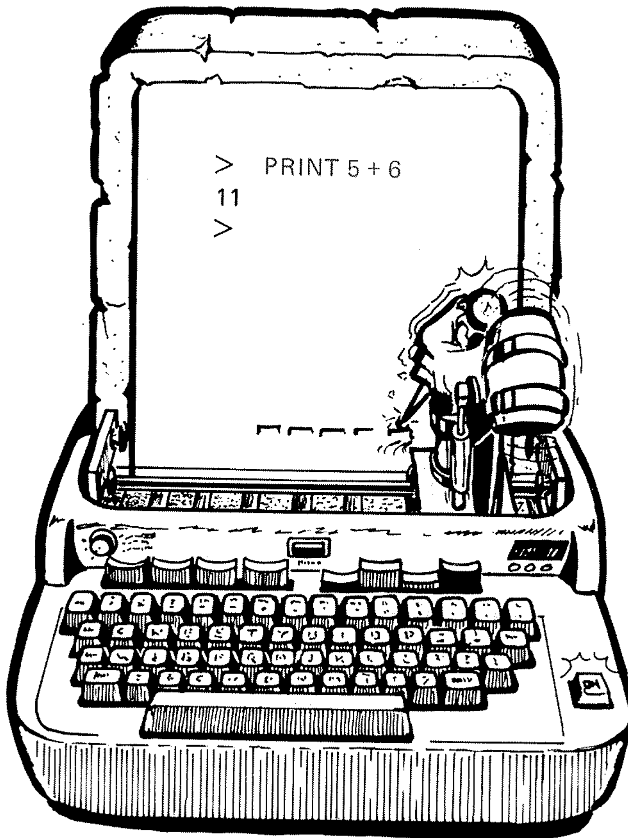


beeld een berekening af te drukken, zal een berekening alleen tot gevolg hebben dat de uitkomst ergens in het geheugen van de computer wordt opgeslagen. Wil men de uitkomst te weten komen dan zal gebruik moeten worden gemaakt van een PRINT-statement.

Zonder regelnummer

Gebruikmakend van de mogelijkheid om korte berekeningen direkt uit te laten voeren, verloopt dat bijvoorbeeld als volgt:

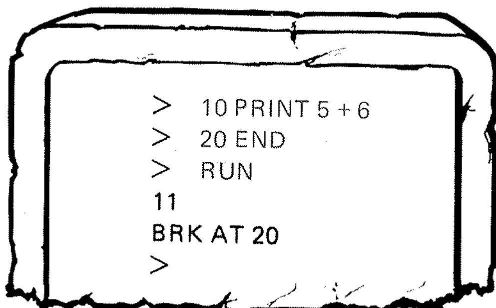
BASIC (DEEL 1)



Na de prompt (>, waarmee de computer aangaf 'klaar te staan') is de opdracht PRINT gegeven gevolgd door de uit te voeren berekening. Na de CR begint de interpreter meteen met de uitvoering van dit statement en drukt vervolgens de uitkomst aan het begin van de regel af. Zodra het statement is afgewerkt volgt wederom een melding met de prompt, om aan te geven dat de interpreter klaar staat voor een volgende opgave.

Met regelnummer

Het is ook mogelijk voor deze opdracht een programma te schrijven. Dat wil dus zeggen, dat de regel(s) moet(en) worden voorzien van een regelnummer en dat op een extra regel het END-statement moet worden toegevoegd.



De procedure verloopt dus als volgt:
- prompt verschijnt
- inbrengen van: regelnummer (10)
  statement (PRINT 5 + 6)
- CR
- prompt verschijnt (er wordt niets berekend; dit komt doordat eerst een regelnummer is ingebracht)
- inbrengen van: regelnummer (20)
  statement (END)
- CR
- prompt verschijnt
  Het programmeren is nu afgelopen. Het programma zit in het geheugen. Nu kan worden overgegaan op exekutie van het programma. Dit geschiedt door:
- kommando RUN
- CR
- De computer voert het programma uit en drukt het antwoord af (11)

Het resultaat is natuurlijk hetzelfde als bij de uitvoering van het eenvoudige statement werd verkregen.
De melding BRK AT 20 betekent 'break at 20'. In meer begrijpelijke taal komt dit neer op: programma-onderbreking op regel 20. Deze melding kan van interpreter tot interpreter verschillen. BRK AT . . . is de eindmelding van NIBL. Andere interpreters melden het einde van een programma vaak met READY.
De eindmelding wordt altijd automatisch (daar zorgt de interpreter voor) gevolgd door:
- een CR (carriage return = wagen terug)
- het doorschuiven naar de volgende regel (linefeed = LF)
- het afdrukken van een prompt.

De mogelijkheden van het PRINT-statement zijn met dit eenvoudige voorbeeld nog lang niet uitgeput. De nog resterende mogelijkheden zullen in een later stadium worden behandeld, omdat daarvoor eerst een aantal andere zaken moet worden verklaard.

(wordt vervolgd)

Opgaven

1. Wat is het verschil tussen 'standaard' BASIC en Tiny BASIC?
2. Waarom wordt voor micro-computers vaak een Tiny BASIC gebruikt?
3. Wat is het essentiële verschil tussen een compiler en een interpreter?
4. Wat is het voordeel en wat het nadeel van een interpreter?
5. Waardoor zijn de verschillende 'dialekten' van BASIC ontstaan?
6. Wat is de zin van programma-dokumentatie?
7. Wat is een 'prompt'?
8. Waarom moet een programmaregel (in een hogere orde taal) voorafgegaan worden door een regelnummer?
9. Wat is de funktie van de CR-toets?
10. Wat print de computer uit (of: wat schrijft hij op het beeldscherm) bij het volgende BASIC-statement?
    PRINT 3 + 4 + 5

BASIC (DEEL 1)

binaire kode

Tweetallig stelsel, serie enen en nullen die een getal of **instruktie** voorstellen. Voorbeeld: 1, 2, 3, 4, 5 . . . wordt in binaire getallen: 001, 010, 011, 100, 101.
Zie ook: **machinetaal**.

compiler

Vertaalprogramma van een hogere orde taal naar **machinetaal** dat het **programma** in zijn geheel vertaalt, alvorens het uit te voeren.

CR

Carriage Return, terug naar het begin van de regel.

exekutie

Het uitvoeren van een programma.

flowchart

Stroomdiagram, diagram dat de werking van een computerprogramma verduidelijkt.

geheugenruimte

Deel van het geheugen (dat gebruikt kan worden).

hogere programmeertaal

Een op de gebruiker (programmeur) gerichte **programmeertaal**. Eén 'opdracht' in een hogere programmeertaal vervangt vele **instrukties** in **machinetaal**.

instruction code

Onderdeel van de **machinetaal** dat aangeeft welke bewerking de (micro)processor moet uitvoeren.

instruktie

Omschrijving van wat de computer moet doen; de elementaire bouwsteen van het **programma**. Zie ook **statement**.

interpreter

Vertaalprogramma van een hogere ordetaal naar **machinetaal**, dat elke programmaregel apart vertaalt en uitvoert.

karakter

Elk afdrukbaar symbool (letters, cijfers, lees- en andere tekens).

LF

Line Feed, naar een nieuwe regel. Wordt vaak automatisch gegenereerd na een CR.

machinetaal

Binaire kode, waarin de **instrukties** in voor de computer begrijpelijke vorm zijn omschreven.

ontwikkelingssysteem

Computersysteem, waarmee het mogelijk is een **programma** te ontwikkelen.

opdracht

Zie **instruktie**.

operation

Bewerking (bijvoorbeeld een rekenkundige bewerking).

programma

Het geheel van **instrukties** dat in een bepaalde dwingende volgorde wordt afgewerkt.

programmeertaal

Een 'taal' waarin **programmas** kunnen worden opgesteld.

personal computer

Computer bedoeld voor persoonlijk gebruik.

programma documentatie

Noodzakelijke informatie om een (niet zelf geschreven) **programma** te kunnen doorzien.

prompt

Karakter, dat aangeeft dat de computer klaar is voor een volgende **opdracht**.

subroutine

Een op zichzelf staand deel van het **programma**. Wordt vaak meerdere keren tijdens het hoofdprogramma doorlopen.

statement

Opdracht voor de computer om een bepaalde handeling te verrichten.

terminal

- Apparaat dat het mogelijk maakt met de computer te kommuniceren. Bestaat uit ingave- (input-)gedeelte (bijv. keyboard) en een uitgave- (output-)gedeelte (bijv. **VDU**, regeldrukker).
- Aanwijzing voor het begin en het einde van een **flowchart**.

VDU

Video Display Unit, het 'weergave'-gedeelte van een **terminal** (vaak een TV-scherm).

Overzicht van de in deze les gebruikte symbolen en statements.

# > :	Als deze symbolen aan het begin van de regel worden afgedrukt, zijn het prompts.
:	Dubbele punt, colon. Scheidingsteken tussen statements, zodat het mogelijk wordt meerdere statements op één programmaregel af te drukken.
+	Symbool voor rekenkundige bewerking, in dit geval: optellen.
PRINT 3 + 4	De uitdrukking (expression) achter PRINT wordt berekend en het resultaat wordt afgedrukt (in dit geval: 7).
10 STATEMENT	Een getal aan het begin van een (programma-)regel geeft aan dat het volgende statement tot het programma behoort, en wordt regelnummer genoemd (in dit geval: 10).
END	Dit statement geeft het eind van het programma aan.
RUN	Dit kommando doet de computer het programma uitvoeren.